علم الهيئة

astrognosy
astrognosie *(sf)*
Astrognosie *(sf)*

المعارف عن سماء النجوم كما تبدو للعين المجردة .

عمر الخيام

Omar Khayyam *(A)*

هو عمر الخيام الرياض والفلكي والشاعر الفارسي (حوالى ١٠٥٠ ـ حوالى ١١٢٣) يرجع إليه الفضل الأكبر في عمل التقويم الفارسي الذي لا يتعدى الخطأ فيه يوما واحدا كل ٥٠٠٠ سنه.أعد جداول فلكية . ويرجح أن يكون هو مكتشف نظرية المتواليات . وقد قام بوضع الحلول الهندسية والجبرية لمعادلات الدرجة الثانية وبعض معادلات الدرجة الثالثة . وهو شهير في الغرب بخيالاته وفلسفته الشعرية . وقد تم إطلاق إسمه على إحدى مناطق الجانب الآخر من سطح القمر .

عمر القمر

age of the moon
âge de la lune *(sm)*
Mondalter *(sn)*

هو الفترة الزمنية المنقضية منذ آخر هلال ؛ وهى تعطى بذلك مقياسا لما عليه ← طور القمر .

عمر الكون

age of the universe
âge de l'Univers *(sm)*
Weltalter *(s)n)*

← تحديد العمر .

العمق الضوئى

optical depth
épaisseur optique *(sf)*
optische Tiefe *(sf)*

هو مقياس لعدم نفاذية الضوء فى المادة . وفى أسهل الحالات ، عندما تكون الطبقة متجانسة ، فإن عمقها الضوئى يصبح عبارة عن حاصل ضرب العمق الهندسى (بالسنتيمتر) فى معامل إمتصاص المادة . وطبقة عمقها الضوئى ع = ١ تضعف الضوء الساقط عموديا عليها إلى حوالى ١/٣ قيمته الأصلية . والطبقات ذات العمق الضوئى الكبير بالنسبة للوحدة هى من الناحية العلمية غير منفذة ويرمز لها بأنها **عميقة ضوئيا** . أما الطبقات ذات العمق الضوئى الأقل كثيرا عن الوحدة فإنها منفذة وتعرف بأنها **رقيقة ضوئيا** . وحسب تعريف العمق الضوئى فإن طبقه ما يمكن أن تكون عميقه ضوئيا وهى رقيقة نتيجة لأنها مكونة من مادة شديدة الإمتصاص أو أنها سميكة هندسيا ومادتها قليلة الإمتصاص . ولما كان معامل الإمتصاص يعتمد على طول الموجه فإن طبقة واحدة لها كثير من الأعماق الضوئية عند الأطوال الموجية المختلفة . وعلى سبيل المثال فإن الإكليل الشمسى وإن كان رقيقا ضوئيا بالنسبة للضوء البصرى أى منفذا له إلا أنه عميق ضوئيا بالنسبة للموجات الراديوية ، أى غير منفذ لها .

عملاق

Giant
géante *(sf)*
Gigant *(sm)*, **Riese** *(sm)*

أحد ← النجوم العمالقة .

العمليات النووية

nuclear reactions
réactions nucléaires *(pf)*
Kernprozesse *(pm)*

هى التفاعلات التى تحدث بين نوى الذرات ويتحرر أثناءها طاقة ← إنتاج طاقة النجوم .

العنّاز

Auriga, Aur *(L)*
Charioteer
cocher *(sm)*
Führmann *(sm)*

كوكبة ← ممسك الأعنه .

عناصر التماس

osculating elements
élements osculateurs *(pm)*
Oskulations elemente *(pn)*

← الإضطرابات .

عناصر المدار

elements of the orbit
éléments d'Orbite *(pm)*
Bahnelemente *(pn)*

هى الأبعاد التى تحدد مدار الجرم السماوى من حيث وضعه وشكله وحجمه وموقعه فى وقت معين .

وهذه العناصر هى :

(١) **الميل** i لمستوى المدار على المستوى الأساسى للإحداثيات المستخدمة ، ويكون ذلك عبارة عن المستوى البروجى (الكسوفى) فى حالة المجموعة الشمسية .

(٢) **طول العقدة الصاعدة** Ω أى الزاوية المقاسة على الدائرة الكسوفية بين إتجاه نقطة الربيع وإتجاه العقدة الصاعدة .

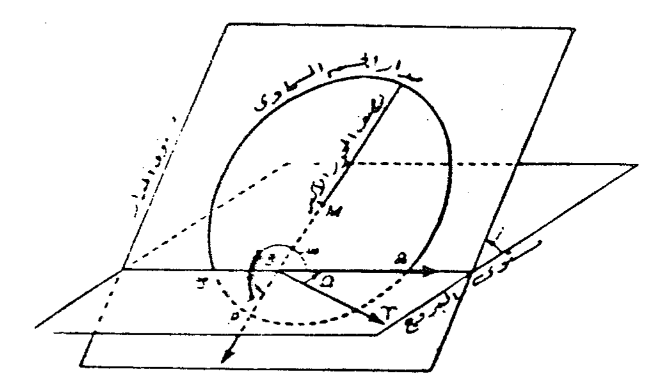
(٣) **المسافة** ω **للحضيض الشمسى** P **عن العقدة الصاعدة** ، أى الزاوية المقاسة فى مستوى المدار بين إتجاه العقدة الصاعدة وإتجاه الحضيض الشمسى . وأحيانا يستعاض عن ذلك **بطول الحضيض الشمسى** π أى مجموع طول العقدة الصاعدة والمسافة بين الحضيض والعقدة الصاعدة .

(٤) **نصف القطر الأكبر** a للمدار .

(٥) **الإهليجية العددية** أى النسبة بين المسافة من مركز المدار حتى بؤرته إلى نصف القطر الأكبر للمدار .

(٦) **زمن الحضيض الشمسى** أى الوقت الذى يمر فيه الجرم السماوى خلال الحضيض الشمسى .

يحدد ميل مستوى المدار وطول العقدة الصاعدة وضع المدار فى الفضاء بالنسبة للإحداثيات المستخدمة . والمسافة بين الحضيض والعقدة الصاعدة تحدد دوران المدار أى ميله على مستواه . أما العناصر الباقية فتحدد شكل وأبعاد المدار وبذلك فهى لا تعتمد على نظام الإحداثيات المستخدم .



عناصر المدار :
M المركز ، B **بؤرة المدار** ، i **ميل مستوى المدار** ، ☊ **العقده الصاعده** ، ☋ **العقده الهابطه** ، Ω **طول العقده الصاعده** ، ♈ **نقطة الربيع** ، p **حضيض المدار** ، ω **بعد الحضيض عن العقده الصاعده**.

وبمعرفة عناصر مدار جرم سماوى يتحدد مداره وموقعه فى وقت معين . وإستنتاج عناصر المدار من مهام ← تعيين المدار .

عَنّاق الأرض ، العَنَّاق

Alamak *(A)*

هو النجم ♈ (جاما) من نجوم المرأة المسلسلة . وهو عبارة عن نجم ثلاثى ، النجم الأساسى فيه لمعانه الظاهرى من القدر ٢٫١٦ والنوع الطيفى **K3** وينتمى إلى نوع قوة الإشعاع **III** ، أى أنه عملاق أحمر . وعلى بعد ١٠″ من النجم الرئيسى يوجد مزدوج بصرى أقدار مركبتيه ٥٫٥ ، ٦٫٣ ويبعدان عن بعضهما بحوالى ٠٫٣″ . ونجم العناق أو العنزة يبعد عنا بحوالى ٨٠ بارسك أى ٢٦٠ سنة ضوئية .

العنصر الحرارى

thermoelement
couple thermoélectrique *(sm)*
Thermoelement *(sn)*

هو مُستقبل إشعاعى يستخدم فى ← فوتومترات خاصة حساسة للضوء فى نطاق طيفى عريض .

العنزه

Alamak

هو ← عناق الأرض .

العنقاء

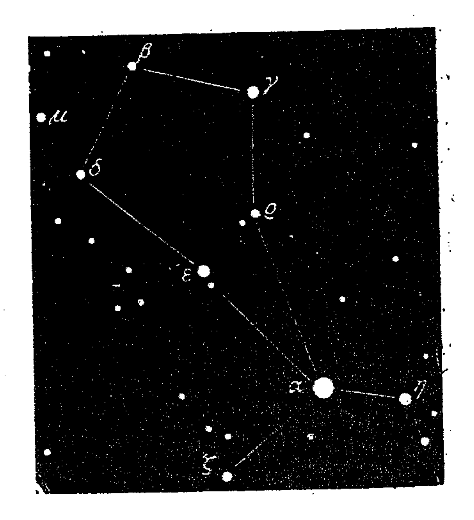
Phoenix, Phe *(L)*
phoenix
phénix *(sm)*
Phoenix *(sm)*

هى إحدى كوكبات نصف الكرة الجنوبية وترى مائلة على الأفق الجنوبى من خطوط عرض معظم البلاد العربية فى ليالى الخريف والشتاء .

العواء

Bootes, Boo *(L)*
bear driver, Kitte
bouvier *(sm)*
Bärenhutter *(sm)*

إحدى كوكبات نصف الكرة الشمالى التى ترى فى ليالى الربيع . وقد إستمدت هذه الكوكبة إسمها من مجاورتها للعربة السماوية الكبيرة فى كوكبة الدب الأكبر ، حيث تتعقب العربة فى حركتها اليومية الظاهرية ؛ ويسوق العواء ثيران شد العربة أمامه . والنجم الرئيسى هو α (ألفا) العواء أو ← السماك الرامح الذى ينتمى إلى ألمع النجوم فى السماء .



كوكبة العواء . والنجم α هو السماك الرامح ، ولمعانه من القدرـ ٠٥ر٠ ، ونوعه الطيفى K1 ، ونوع قوته الإشعاعيه III ، وبعده عنا ١١ بارسك .

وللنجمين δ (دلتا) و μ (ميو) تابعين خافتين يمكن رؤيتهما بمرقب صغير .

العواصف الراديوية

noise storms
orages radio *(pm)*
Radiosturme *(pm)*

← الشمس .

عيد الفصح ، عيد القيامة ، العيد الكبير

easter
pâques *(sm)*
Ostern *(sn)*

← تاريخ عيد الفصح .

العينيه

eypiece
oculaire *(sm)*
Okular *(sn)*

إحدى أجزاء ← المنظار البصرية .

العيوق

Capella

هو ألمع نجم (α) ألفا فى كوكبة ممسك الأعنة . والنجم له لمعان ظاهرة بصرى من القدر ٠٩ر٠ وينتمى بذلك إلى ألمع النجوم فى السماء . ونوع النجم الطيفى G1 ونوع قوته الإشعاعية III ، أى فوق عملاق . يبلغ قطر العيوق حوالى عشر مرات مثل قطر الشمس وقدرته الإشعاعية أكثر مائة مرة من قدرة الشمس . يبعد النجم عنا بحوالى ١٤ بارسك أى ٤٥ سنة ضوئية . والعيون عبارة عن مزودج طيفى .

غ

غاز ما بين الكواكب

interplanetary gas
gaz interplanétaire *(sm)*
interplanetares Gas *(sn)*

هو الجزء الغازى من ← مادة ما بين الكواكب .

غاز ما بين النجوم

interstellar gas
gaz interstellaire *(sm)*
interstellares Gas *(sn)*

هو الجزء الغازى من المادة المتناثرة بين النجوم ويتكون من ذرات وأيونات وإليكترونات وجزيئات . والجزء الأكبر من الغاز عبارة عن هيدروجين ، الذى يوجد مختلطا مع الهليوم بنسبة من ١ : ٥ إلى ١ : ١٠ ، بينما العناصر الأخرى أقل ندره من ذلك بكثير (← مادة ما بين النجوم و ← شيوع العناصر) . وتبلغ كثافة غاز ما بين النجوم المتوسطة حوالى ذروة هيدروجين لكل سم^{٣} . والغاز متجمع أساسا فى سحب يبلغ قطر كل منها من ٥ إلى ١٠ بارسك وكثافتها حوالى ١٠ جسيمات لكل سم^{٣} . وهذه القيم تمثل تقديرات عامة . ولا يمكننا الوصول إلى مثل هذه الكثافات القليلة فى المعامل حتى بأحسن المفرغات العالية ، حيث أن حجم الكرة الأرضية لايمكنه أن يحتوى أكثر من ١٠ كجم من مادة وكثافة ما بين النجوم . إن كون غاز ما بين النجوم ممكن المشاهدة على الرغم من ذلك يرجع إلى الحجم الهائل للفضاء الملىء بتلك المادة . وتحتوى سحابة ما على بضع مئات المرات مثل كتلة الشمس . إن الطرق التى نشاهد بها غاز ما بين النجوم مختلفة جدا ، وأكثر أشكال السحب إلفاتا للنظر وبالتالى أكثرها شهرة منذ زمن بعيدة هى تلك الكتل الكثيفة والمضيئة من الغاز ، المعروفة بالسدم الإنبعاثية (اللوحات من ٦ إلى ١١) ، ويمكن مشاهدتها عن طريق الفلك الراديوى . والغاز الذى لا يضىء فى النطاق البصرى يعلن عن نفسه بما يطبعه من خطوط إمتصاص طيفية على ضوء النجوم الموجودة خلفه وكذلك عن طريق إشعاعه فى النطاق الراديوى .

تأين الهيدروجين : يوجد جزء من هيدروجين ما بين النجوم . فى حالة متعادلة والجزء الآخر متأين . وينشأ التأين من إمتصاص الضوء فوق البنفسجى (التأين الفوتونى) . وهذا يتطلب أن تكون طول موجة الكم الضوئى أقصر من ٩١٢ انجستروم ، حيث تزيد طاقته عن طاقة تأين الهيدروجين . والإشعاع الموجود فى وسط ما بين النجوم والمسئول عن تأين الهيدروجين يأتى من النجوم ، كما يأتى الجزء الأكبر- خصوصا فى النطاق البنفسجى - من النجوم النادرة ولكن قوية الإشعاع وذات النوع الطيفى المتقدم . لهذا فإن التوزيع الطيفى لما فى الفضاء البين نجمى من إشعاع يماثل ١٠٠٠٠°ك . ويتوزع ما يخرج من إشعاع النجوم على فراغ كبير جدا وعليه فكثافة الطاقة صغير جدا . ولو أننا وضعنا جسما يمتص بكفاءة تامة فإنه يسخن إلى ٣°ك أى إلى - ٢٧٠°م . لهذا فإننا نتحدث عن الاشعاع المخفف ذى درجة الحرارة اللونية العالية . وكثافة الإشعاع عالية بصورة خاصة بالقرب من النجوم ، وفى هذه المناطق توجد كميات كافية لتأين الهيدورجين . ويتم التمييز تبعا لدرجة تأين الهيدروجين بين منطقتين فى فضاء ما بين النجوم : إذ يصنع كل نجم حوله **منطقة HII** ، يكون الهيدروجين فيها تام التأين ، ويتساوى فيها عدد البروتونات والاليكترونات ، لأن كل ذرة هيدروجين تعطى بروتون وإليكترون . تزداد مناطق HII فى الكبر كلما زادت سخونة النجم ، إذ يزداد ما ينبعث من أشعة فى النطاق فوق البنفسجى بالإرتفاع فى درجة الحرارة . ويقدر نصف قطر منطقة التى لها كثافة قدرها ذرة هيدروجين لكل سم^{٣} حول نجم O5 بحوالى ١٤٠ بارسك ، وحول نجم Bo بحوالى ٥٠ بارسك وحول نجم B5 بحوالى ١٠ بارسك وحول نجم AO بحوالى ٥ر١ بارسك فقط . وعلى مسافات بعيدة من النجوم نجد أن كل غالبية الفوتونات القادرة على التأين تكون قد أُستنفدت ولهذا تنخفض درجة التأين بسرعة . وفى المنطقة الخارجية ، **منطقة HI** ، يوجد الهيدروجين فى حالة متعادلة . وفى هذه المناطق تكون درجة التأين صغيرة جدا إذ أن الذرات النادرة من العناصر الثقيلة فى غاز ما بين النجوم والتى

تتأين بفعل الإشعاع طويل الموجه تعطى إليكترونات . ومن الممكن أن يتأين جزء صغير من هيدروجين مناطق HI قليلة الكثافة ، وذلك بفعل الجسيمات المنخفضة الطاقة من الأشعة الكونية ، ولو أن هذه المناطق لا تتبع من حيث المبدأ مناطق الهيدروجين المتعادل . إن هناك إحتمال بأن يكون حوالى ٢٪ من هيدروجين مادة ما بين النجوم فى حالة متأينة فى المناطق القريبة من الشمس . ونظرا لحركة السحب الغازية وكذلك حركة النجوم فلابد أن يكون هناك بإستمرار إعادة توزيع لمناطق HII, HI .

درجة الحرارة : إن غاز ما بين النجوم بعيد جدا عن حالة التعادل وتفقد فيه لذلك درجة الحرارة معناها . إلا أنه يمكن تعريف درجة حرارة حركة يمكن حسابها من السرعة المتوسطة للجسيمات ، وتمثل تعادلا بين الطاقة الداخلة إلى الغاز والخارجة منه . يأتى أكثر كسب فى طاقة الحركة من تأين الهيدروجين . ففى كل تأين يأخذ الاليكترون المنطلق طاقة حركة تزداد فى الكبر كلما إزدادت طاقة الكم المُمتص . ومتوسط هذه الطاقة التى تعطى للجسيمات الأخرى عن طريق الإصطدامات كبيره جدا نسبيا ، لأن النجوم الساخنة تشع كمات كثيرة عالية الطاقة . وفى حالة ثبات درجة التأين يتبع كل تأين إتحاد جديد (وإلا تغيرت درجة التأين بسرعة) . وبهذا يقتنص البروتون إليكترون ، وتنبعث طاقة حركة الإليكترون . ويغلب إقتناص إليكترونات طاقة حركتها صغيرة بحيث أنه فى المتوسط مع كل تأين وما يتبعه من إتحاد تدخل الغاز طاقة حركة . مقابل هذا التسخين توجد عمليات تبريد نتيجة إشعاع الطاقة . وفى حالة تعادل التبريد مع التسخين تصل درجة حرارة مناطق HII التى يكثر فيها التأين إلى ما بين ٦٠٠ ، ١٠٠٠°ك ، وإن كانت متغيرة من سديم إلى آخر . أما فى مناطق HI فلا يوجد الإشعاع ذى الطول الموجى الأقصر من ٩١٢ أنجشتروم الضرورى لعملية التأين ، وعليه تقل فاعلية أكبر عامل تسخين . لهذا فإن درجة حرارة الحركة أقل بكثير منها فى مناطق HII . وفى أثناء إصطدام السحب الذى يحدث بين حين وآخر فإن درجة حرارة هذه المناطق (HI) ترتفع أيضا لبعض الوقت إلى بضع آلاف الدرجات حيث تتحول الطاقة الكامنة فى حركة السحب إلى طاقة حرارية . وعن طريق ما يتبع ذلك من عمليات تبريد تفقد السحابة بعض طاقتها ؛ فعن طريق تصادم بعض الجسيمات (مثل ذرات الهيدروجين والاليكترونات الطليقة) مع جسيمات أخرى ، على سبيل المثال جزيئات الهيدروجين والأيونات فإن الأولى تعمل على إثارة الثانية . وعند عودة الجسيمات المثارة إلى وضعها الأصلى تقوم بإشعاع الطاقة التى إكتسبتها أثناء الاصطدام . لذلك تنخفض درجة حرارة السحابة بعد الإصطدام تدريجيا إلى قيمة بين ٢٠ إلى ٥٠°ك . وتبلغ درجة حرارة السحابة فى المتوسط حوالى من ٥٠ إلى ١٠٠°ك . وفى مناطق HI الأقل كثافة والتى يكون فيها جزء بسيط من الهيدروجين متأينا بفعل جسيمات الأشعة الكونية منخفضة الطاقة ، يحتمل أن تسود درجات حرارة بين بضع مئات الى بضع آلاف الدرجات المطلقة . وتعتمد درجة الحرارة الحقيقة التى يوجد عليها الغاز ، بشدة على كثافة طاقة الأشعة الكونية وكذلك على فاعلية عمليات التبريد .

مناطق HI : مناطق غير مضيئة ، حيث تنقصها الطاقة اللازمة للإشعاع . يمكن فى هذه المناطق التعرف على بعض الغازات عن طريق ما تمتصه من خطوط طيفية فى ضوء النجوم الذى يمر بتلك المناطق . أكتشف هذا الامتصاص « هارتمان » فى عام ١٩٠٤ فى طيف النجم المزدوج (دلتا) الجبار . وللخطوط الطيفية النجمية ، أى التى تنشأ فى جو دلتا الجبار ، إزاحة دورية وتتضح أثناء رصد الحركة المدارية للمركبة المرصودة من النجمين . فإذا ما قارنتا هذه الحركة تنزاح الخطوط ناحية النطاق البنفسجى . أما إذا ما أبتعد النجم عنا فإن الخطوط

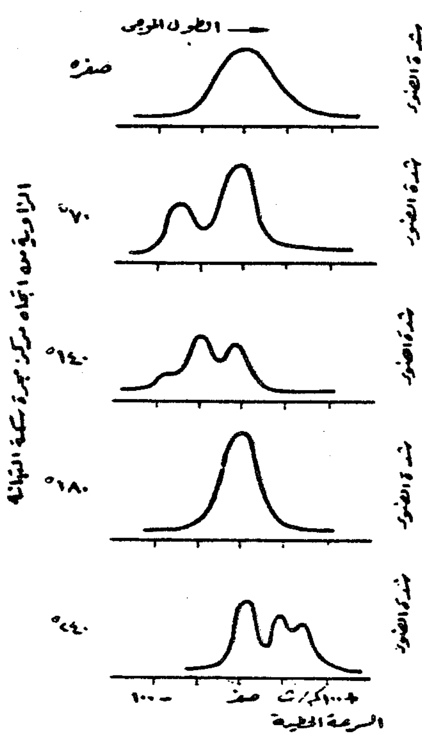
الطيفية تنزاح ناحية الأحمر . بجانب ذلك وجد هارتمان خطوط طيفية من الكالسيوم (Ca+) التى لا يتغير وضعها . لهذا فإن هذه الخطوط الثابتة للكالسيوم لا يمكن أن تكون ناشئة فى جو النجم وإنما فى غاز ما بين النجوم . وتُعرف اليوم خطوط إمتصاص لكل من العناصر Ca^{+} ، Na ، K ، Fe ، Ti ، He وكل من الجزيئات CH ، CH^{+} ، CN وهناك أشرطة إمتصاص عريضة لم يعرف بعد شيء عن نشأتها .

إنه من غير الممكن مشاهدة كل مراحل تأين جميع العناصر فى غاز ما بين النجوم ، لأن أغلب الذرات توجد فى حالة الخمود ويتم إمتصاص ما تشعه هذه الحالة من خطوط . وفى حالة الهيدروجين يعطى هذا خطوط ـ ليمان (← الطيف) . وكى يمكن رصد الخطوط الطيفية لابد من نفاذها خلال جو الأرض ، الشيء الذى لا يتوفر على سبيل المثال فى حالة خطوط ليمان تحت البنفسجية . لهذا السبب لا تظهر خطوط العناصر الشائعة ؛ الهيدروجين والأكسجين والكربون والنيتروجين .. الخ (بصرف النظر عن خطوط الجزيئات التى يوجد فيها H ، C ، N متحدة) . وبالنسبة للأبحاث فإن طيف النجوم الساخنة فقط ذو معنى أما النجوم الأبرد ففيها كثير من خطوط الإمتصاص تغطى الخطوط الغير النجمية . وهذا يعنى زيادة فى صعوبات الرصد ، لأن النجوم الساخنة نادرة نسبيا .

إن الخطوط الطيفية لمادة ما بين النجوم عديدة الانقسام ؛ فهى تتكون من خطوط منفصلة ذات إزاحة بالنسبة لبعضها البعض . ينشأ هذا نتيجة ← ظاهرة دوبلر . يتضح من هذا الانقسام أن الغاز مركز فى سحب منفصلة وذات سرعات خطية مختلفة . كما يتضح من قياسات الإزاحة الطيفية أن السرعات تصل إلى ١٠٠كم/ث ، أما متوسط السرعة فى الفضاء لسحب HI فيقدر بحوالى ١٠كم/ث .

ويمكن من شدة الخطوط حساب عدد الذرات التى تعمل على الامتصاص .

جاء الفلك الراديوى بخطوة كبيرة نحو تحسين الرصد فى مناطق HI ، وذلك لأن الهيدروجين المتعادل فى غاز ما بين النجوم يمكن مشاهدته بطريقة مباشرة عن طريق إشعاعاته الراديوية التى تصلنا . ولو دققنا فسوف نجد أن مستوى الخمود فى الهيدروجين منقسم ، لأن عزم دوران الإليكترونات وكذلك دورانها يمكن أن يتواجد فى وضعين بالنسبة لمثيله فى النواة . وعند الإنتقال من وضع إلى الآخر تتحرر كمية بسيطة من الطاقة تظهر على شكل إشعاع طول



بروفيل الخط ٢١ سم ، ويوضح شدة الاشعاع مع الطول الموجى حول الطول الموجى ٢١ سم على مسافات مختلفه من مركز مجرة سكة التبانه . وقد رسمت شدة الضوء مع السرعة الخطيه ، بدلا من الطول الموجى . والشده المقابله للسرعات السالبه مصدرها السحب المتحركه نحونا بينما المقابله للسرعات الموجبه ناشئة من السحب المبتعدة عنا . وبذلك فالسرعات السالبه تعنى موجات أقصر والسرعات الموجبه تعنى موجات أطول عن الخطوط غير المنزاحه . ولا يتجاوز التغير عند سرعة ١٠٠كم/ث ١ر٠ مم .

موجته ٢١سم . بذلك تنشا ذبذبة راديوية على هيئة خط إنبعاث يمكن رصدها بالمنظار الراديوى . والخط ٢١ ـ سم عموما منقسم ، أى أن الخطوط متزاحة بالنسبة لبعضها البعض . تأتى هذه الإزاحة الخطية من الحركة الذاتية للسحب وكذلك من دوران مجرة سكة التبانه . ومن الملاحظ أن الإزاحة نتيجة لدوران الطريق اللبنى أكبر . ويمثل الرسم المرفق بعض أشكال الخطوط بشكل كروكى فقط . وتأتى القمم المختلفة من إشعاع الكتل الغازية فى أذرع حلزونية مختلفة . ومن نظرية دوران سكة التبانه (← سكة التبانه) يمكن تحديد أبعاد وبالتالى وضع الأذرع الحلزونية . يرجع العرض الكبير المرصود للخط ٢١ سم فى إتجاه مركز سكة التبانه (المنحنى الأول) إلى تمدد شديد فى إتجاه خط البصر لكتل غازية على بعد من ٣ إلى ٤ بارسك من المركز .

توجد معظم سحب HI بالقرب من مستوى سكة التبانه . وإن كان بعضها قد تم رصده على مسافة ١٠٠٠ بارسك تقريبا من هذا المستوى . إن سرعات هذه السحب البعيدة كبيرة نسبيا وتصل إلى ٢٥٠ كم/ث ، وحركتها تحدث عموما فى إتجاه مستوى سكة التبانه . وأسباب وجود هذه السحب عالية السرعة لم يعرف بعد ، ويزعم البعض أنها عبارة عن مادة بين مجريه دخلت إلى الطريق اللبنى .

مناطق HII : إن مناطق HII التى يكون فيها الهيدروجين متأنيا بفعل الإشعاع النجمى ، أسهل بكثير فى رصدها لأنها تضئ . تأتى الإضاءة من الإشعاع المنبعث أثناء إعادة إتحاد أيون الهيدروجين . فتنبعث خطوط ـ بالمر على سبيل المثال عندما يأخذ الإليكترون بعد إلتحامه بالأيون مستوى عاليا ثم ينزل بعد ذلك إلى المستوى الأقل (← الطيف) . ونظرا لأن هذه الخطوط موجودة فى النطاق البصرى من الطيف فإن مناطق HII تضئ . لقد أكتشفت مناطق من الهيدروجين ضعيفة الاشعاع بواسطة أجهزة عالية الكفاءة ومرشحات ضوئية تنفذ فقط خط بالمر Hα . وإذا ما تقاربت المناطق المتأينة فإنها تظهر على شكل غاز مضئ أو سدم غازية إنبعاثية . إن هذه تظهر عادة على شكل سحب محتوية على مادة داكنة غير منتظمة الشكل أو على غشاوة دقيقة متفرقة . ويقدر السديم ببضع ١٠ بارسك وتجتاز الكثافة فى بعض أجزاءه ١٠٠٠ جسيم لكل سم^3 . وتأين هذه المناطق الكثيفة يتطلب إشعاع فوق بنفسجى شديد . لهذا السبب فإننا نجد هذه السدم أساسا بجوار أو حول النجوم الساخنة من النوع الطيفى O أو Bo (إنظر بعده) . ومن النادر وجود سديم غازى نقى ، بل يغلب وجود غبار فى نفس الوقت ، يعكس ضوء النجوم (← غبار ما بين النجوم) . وتوجد أسماء السدم الغازية والسدم العاكسة والأشكال البينية منها تحت إصطلاح السدم المجرية الشامل . كما تمثل ← السدم الكوكبية مجموعة خاصة من السدم الإنبعاثية .

تنشأ أشد الخطوط الإنبعاثية فى طيف السدم الغازية من H ، He ، He^+ ، O^+ ، O^{++} ، N^+ ، N^{++} . ويتضح من الطيف أن الإشعاع هنا ليس إشعاعا حراريا مثل الحال فى النجوم ، ولكن الطاقة التى يتم إشعاعها تؤخذ فى الغالب من ضوء النجوم المجاورة . وكوسيلة إثارة تتسبب فى إضاءة ، السديم يأتى أولا ما سبق ذكره من تأين بواسطة إشعاع النجم وما يعقبه من إعادة إتحاد : فى أثناء ذلك تنبعث موجات قصيرة يمكنها بالتالى أن تؤين ذرات أخرى وتؤدى إلى إتحاد آخر . تتسبب هاتين الوسيلتين فى خطوط كل من الهيدروجين والهليوم . وهناك وسيلة ثالثة تعتمد على إنطباق خط فوق بنفسجى شديد للهليوم مع خط O^{++} وعليه فإن أيونات O^{++} تتم إثارتها بواسطة إشعاع He^+ فترسل من جانبها خطوطا فى النطاق البصرى . أما الوسيلة الرابعة فهى عبارة عن إثارة المستويات المنخفضة عن طريق الإصطدام بالإليكترونات . من هنا يتم إثارة الخطوط السديمية . وهذه الخطوط لا تُرى فى التجارب

المعملية الأرضية ، ولهذا ساد ، الزعم أولا بأن الخطوط الموجودة فى طيف السدم الإنبعاثية راجعه إلى عنصر غير موجود على الأرض ، أطلق عليه إسم النيبليوم ، إلا أنه إتضح بعد ذلك أن الخطوط السديمية «خطوط ممنوعة» لكل من O ، O^{++} ، N^{+} وتشعها الإليكترونات التى تتواجد بعد إصطدامها فى مستويات شبه مستقرة . والزمن بين كل من الاثارة والإشعاع فى هذه المستويات فإن أطول ١٠^٨ مرة عما هو عليه فى المستويات العادية ، أى يبلغ ١ث . فى أثناء هذه الفترة الزمنية الطويلة نسبيا يعانى الأيون كثيرا من الإمتصاص والإصطدام مما لا يتيح له فرصة لإشعاع هذه «الخطوط الممنوعة» . أما فى حالة السدم فإن كثافة الجسيمات وكثافة الإشعاع صغيرة جدا ، بحيث يحدث الاشعاع بدون عوائق . فى هذه الأوساط يعانى الجسيم من إصطدام كل بضع أسابيع ومن إمتصاص كل بضع سنين .

يمكن إستقبال اشعاع راديوى من مناطق HII ، حيث أن لها فى هذا النطاق طيفا مستمرا وآخر خطى . وينشأ الطيف الراديوى المستمر من مقابلة بروتون وإليكترون مع عدم إلتحامها ، وإنما فقط يتغير مسار الإليكترون مشعا بذلك فرق الطاقة . أما إذا إتحد الإليكترون بالبروتون فمن الممكن أن يستقر الإليكترون على مستوى طاقة عالى جدا ثم ينتقل بعد ذلك إلى مستوى طاقة أقل . ومثل هذا هو الحال فى النطاق المرئى من الطيف (أنظر قبله) فينبعث إشعاع ذو موجات محدده جدا . اكتشفت أيضا خطوط هليوم عالية الإثارة و(من المحتمل) خطوط كربون (← الاشعاع الراديوى) .

جزيئات ما بين النجوم :ـ تم رصد خطوط CH ، CN فى النطاق البصرى من الطيف . كما أمكن حديثا بمعونة الصواريخ التحقق من الخطوط الطيفية لجزيئات الهيدروجين (H_2) فى النطاق فوق البنفسجى وذلك بعد أن طال البحث عنها دون جدوى . وقد حاز الفلك الراديوى على أكبر نجاح فى إكتشافه جزيئات ما بين النجوم ؛ ففى عام ١٩٦٣ شوهدت لأول مرة خطوط إمتصاص الهيدروكسيد (OH) بين النجمى فى طيف كل من المصدرين الراديويين المرأة المسلسلة -A والدجاجة -A . بعد ذلك أكتشفت خطوط OH إنبعاثية . ومن الواضح أن خطوط OH تصدر من مناطق مختلفة فى ظروفها الطبيعية . فعلى وجه التحديد تم رصد اشعاع OH سببه إثارة حرارية وكذلك إشعاع من المؤكد أنه ليس راجعا الى أصل حرارى . وهذه المنابع الهيدروكسيلية تتواجد فى أو بالقرب من مناطق HII ومن الممكن أن تكون هى نفسها مناطق HI عالية الكثافة ولها قطر صغير يقدر ببضع وحدات فلكية ، إلا أنها تشع بكفاءة عالية ، كما أن بعض المنابع غير ثابتة فى إشعاعها . ولايزال السبب فى الإشعاع غير الحرارى غير معروف تماما حتى الآن ، إلا أنه يسود الاعتقاد بأنه راجع لنفس المؤثر الذى يلعب دورا أساسيا فى إشعاع الليزر والميزر . وفى نهاية عام ١٩٦٨ أكتشفت خطوط الأمونيا (NH_3) وبعدها بقليل خطوط الماء (H20) والفورمالدهايد (HCOH) . ومن المحتمل أن يكون إشعاع هذه الجزئيات ناشئ فى نفس المناطق التى ينشأ فيها إشعاع OH الغير حرارى ، أو ما يشابهها من مناطق ، إذ لا يحدث دائما أن نجد إشعاع الفورمالدهايد البين نجمى فى أو قريبا من منابع OH ؛ فقد أكتشفت أيضا فى مناطق HI ، التى تحتوى OH . وفى أبريل ١٩٧٠ أمكن راديويا إكتشاف أول أكسيد الكربون (CO) البين نجمى والسيان (CN) وفى يونيو سيانيد الهيدروجين (HCN) وفى يوليو السيان أسيتيلين (HC3N) . وتوالت إكتشافات جزيئات أخرى كثيرة حتى إنه من الممكن القول بأن آية رموز كماوية نكتبها فى أى نظام يمكن أن تكون موجودة فى الكون .

وحتى الآن فإننا لانكاد نعرف شيئا مؤكدا عن عمليات بناء جزيئات ما بين النجوم . إلا أننا نفترض

أن هذه الجزئيات تنشأ على سطوح الغبار البين نجمى ، ونجد دليلا على ذلك فى وجود الجزيئات البين نجمية فى السحب الداكنة ، التى تتميز بكثافة ترابية كبيرة .

غبار ما بين النجوم [اللوحتان ٦ ، ٧]

interstellar dust
poussière interstellaire *(sf)*
interstellare staub *(sm)*

هو الجسيمات الصغيرة والصلبة فى المادة المبعثرة فيما بين النجوم . والغبار أو التراب فى الغالب مركز فى السحب وتبلغ كثافته المتوسطة ١٠-٢٦ جم/سم٣ ؛ أى أن فى مكعب ضلعه ١٠٠م يوجد فى المتوسط جسيم واحد . يُستدل مباشرة على التراب البين نجمى من خلال الانعكاس وغير مباشرة بما يحدث من تغيير فى ضوء النجوم . وقد يبدو عجيبا أن ندرك مثل هذه المادة الدقيقة ، ولهذا لابد من تخيل حجم الفضاء الكبير الذى يحتوى تلك المادة . ويخترق ضوء النجوم هذا الفراغ فى طريقه الطويل بحيث يمكن أن يحدث تغيير ملحوظ فى الضوء .

الاستبعاد البين نجمى : عندما يمر ضوء النجم خلال السحابة الترابية فإنه يضعف ، أى يقاسى من إستبعاد مستمر بفعل مادة ما بين النجوم . يطلق على ذلك أحيانا إمتصاص ما بين النجوم المستمر ولو أن هذا غير صحيح تماما ، فالإمتصاص (الحقيقى) الذى تُحدثه مادة ما بين النجوم هو على العكس من ذلك خطى . ويبلغ الإستبعاد المتوسط فى ضوء النجوم بواسطة التراب البين نجمى حوالى قدر لكل كيلو بارسك من الطريق . وهذه القيمة تعتمد كثيرا على الإتجاه وهو ما تسببه تركيب السحب والإختلافات فى الكثافة . وقد قيست قيما للإستبعاد تبلغ عشر مرات قدر القيمة المذكورة . يمكن تقدير الإستبعاد بطرق كثيرة . فعلى سبيل المثال نتج أثناء التعين الفوتومترى لابعاد النجوم (← إختلاف المنظر) ـ عن طريق مقارنة اللمعان الظاهرى والقوة الاشعاعية ـ أبعادا كبيرة جدا لدرجة تفوق حد التصديق . وتبدو هذه المسافات مقبولة إذا إفترضنا أن ضوء النجوم لا يعتمد فقط على كل من المسافة والقوة الإشعاعية وإنما يضعف أيضا بفعل الإستبعاد . ونستطيع من ذلك الحصول على قيمة الإستبعاد عن طريق المقارنة بالمسافة المقاسة هندسيا ، أى الغير متأثرة بالاستبعاد .

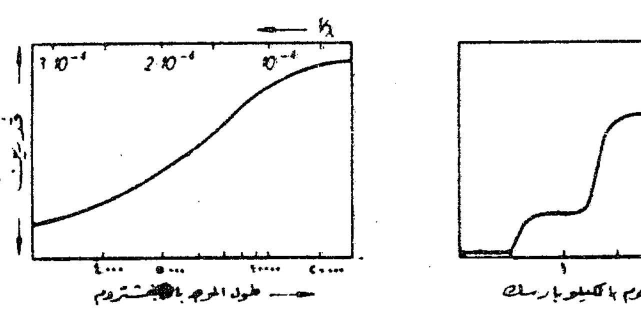
تبدوا المناطق الفقيرة بالنجوم وكأنها متأثرة بإستبعاد كبير ، ولذلك فإننا نحصل عن طريق تعداد النجوم على معلومات هامة عن التجمعات الكثيفة للسحب وعن تمددها . فمن مقارنة عدد النجوم فى المنطقة تحت الدراسة بالعدد المقابل فى منطقة حالية من الإستبعاد ، وبإفتراض أن العددين متساويين فى حالة عدم وجود إستبعاد ، يمكن من الفرق الظاهرى فى عدد النجوم إستنتاج كثافة السحابة . بمثل هذه الدراسات أمكن تحديد توزيع الغبار البين نجمى حتى مسافة كيلو بارسك من الشمس . وقد وجدت تجمعات سحابية كثيفة تسمى **بالسحب أو السدم الداكنة** ، تبلغ فيها كثافة الغبار من ١٠ إلى ٢٠ مرة أكبر مما فى السحب العادية ، كما أن قطر هذه التجمعات يصل إلى أكثر من ١٠٠ بارسك ، وتوجد بها مادة كتلتها مئات المرات مثل الشمس . ومثل جميع مادة ما بين النجوم فإن هذه السحب الترابية تتركز بكثرة تجاه مستوى الطريق اللبنى ، وهناك تتسبب فى الانقسام الظاهرى لسكة التبانه عند كوكبة الدجاجة ؛ كذلك فإن سحبا داكنة شديدة تغطى نواة مجرة سكة التبانة تماما . وأحيانا نشاهد أجزاء سدم تأثرت كثيرا بالاستبعاد أمام سديم لامع . وتمثل ← الكريات نوع خاص من السحب الداكنة . ترى هذه الكريات كأقراص قاتمة بواسطة ما خلفها من مناطق لامعة .

ويلقى تعداد السدم الخارجية ، أى المجموعات النجومية الأخرى ، أيضا بالضوء على المادة المتسببه

فى الإستبعاد . فلا نجد من هذه السدم شيئا قريبا من مستوى الطريق اللبنى ، إذ أن هذه الطبقة تختفى بتأثير السحب الترابية المسببه للإستبعاد . تسمى هذه المنطقة أيضا بالمنطقة قليلة السدم أو ← المنطقة الخاليه من السدم . كما أن الحزام الداكن الذى نراه أحيانا على طول حافة غالبية السدم الحلزونية الخارجية ، ينشأ بسبب تأثير إستبعاد الغبار البين نجمى الموجود فى هذه المجموعات النجومية (اللوحة ١٥)

التلوين البين نجمى : إن الإستبعاد الحادث بفعل الغبار هو إستبعاد إنتخابى أى يعتمد على طول الموجة ، فالضوء الأحمر أى طويل الموجه يضعف بدرجة أقل عن الضوء الأزرق ، قصير الموجه . لهذا السبب يبدو ضوء النجم بعد مروره فى سحابة ترابية ليس فقط ضعيفا ولكن أيضا مُلَوَّنا ؛ حيث تزحزح التوزيع فى شدة الطيف لصالح اللون الأحمر . ومن قياسات لمعان النجوم فى ألوان متعددة نحصل على معامل اللون كمقياس للون النجم . ويسمى الفرق بين معامل لون نجم ما والمعامل اللونى ، الذى كان يجب أن نحصل عليه تبعا لنوع النجم الطيفى ، بالزيادة اللونية ، وتعتبر مقياسا للتلوين . وتعطى زيادة التلوين بزيادة مسافة النجم بالتالى فكرة عن البعد بيننا وبين المادة المتسببة فى الإستبعاد (الشكل) . يتضح من الزيادة المفاجئة فى التلوين ، على مسافات معينة ، أن المادة ، مسببة التلوين ، متجمعة فى صورة سحب وأن قيمة الاستبعاد تتناسب عكسيا مع طول الموجة λ وذلك فى نطاق الموجات المتوسطة . أما فى الموجات القصيرة جدا وكذلك الموجات الطويلة جدا فإن هناك حيودا عن قانون التلوين هذا ، الشىء الذى يوضحه إنثناء المنحنى فى الشكل . وتعتمد درجة الحيود على الاتجاه الذى يؤخذ فيه الأرصاد ، وهذا يدل على توزيع للجسيمات الترابية يختلف من مكان إلى آخر . وربما إختلف كذلك تركيبها الكيماوى أيضا من مكان إلى آخر .

الاستقطاب البين نجمى : يأتينا ضوء النجوم مستقطبا جزئيا بعد مروره فى سحابه ترابية بين نجميه ، معنى هذا أن ذبذبة الضوء لها إتجاه مفضل . وإذا ما تركنا هذا الضوء يمر أمام جهاز مناسب مثل مرشح متبوع بفوتومتر فإن النجم يظهر أكثر لمعانا . وإتجاه الإستقطاب موازى فى الغالب لمستوى الطريق اللبنى ، وإن كانت تحدث حيودات كثيرة عن ذلك . ومن هنا فإن إتجاه الإستقطاب مواز فى مناطق كثيرة للشكل المرئى من تضاريس المادة غير النجمية للامعة منها أو الداكنة . ويأتى الإستقطاب من كون الجسيمات الترابية مستطيلة وموازية لبعضها فى مناطق كثيرة . ويمكن أن يحدث مثل هذا التوجيه بواسطة مجال مغناطيسى قوته 10^{-6} جاوس . وعن طريق إتجاه الاستقطاب يمكن إستنتاج أن خطوط المجال المغناطيسى تمتد فى الغالب على طول الأذرع



التلوين البين نجمى : إلى اليسار العلاقه بين الإستبعاد وطول الموجه (قانون التلوين) ، وإلى اليمين القفزات المفاجئه فى تلوين السحب البين نجميه مع زيادة المسافه .

الحلزونية ، وإن كانت توجد عدم تجانسات محلية فى المجال المغناطيسى العام للمجره .

إنعكاس ضوء النجوم : تعمل الكتل الترابية الكثيفة المضاءة بفعل إشعاع النجوم المجاورة على إنعكاس ضوء هذه النجوم ، فتظهر بذلك تلك الكتل كسديم عاكس . وطيف هذه السدم مستمر والفروق فيه قليلة على عكس النجم المضىء ، لكن يُرى فيه قليل من التلوين والإستقطاب . إن السدم العاكسة تنتمى إلى مجموعة السدم المجرية المتناثرة ، والسديم العاكس فى مجموعة الثريا مشهور جدا . ولما كان الغبار والغاز يتواجدان فى الغالب معا فإن وجود سدم عاكسه تماما نادر بنفس الدرجة التى توجد بها سدم غازية تماما . وفى المناطق المجاورة للنجوم الباردة تغلب الإضاءة بالانعكاس ذو الطيف المستمر ، أما بجوار النجوم الأكثر سخونة فيغلب ضوء الغاز ذى الطيف الخطى ، وذلك لأن أشعة النجوم الباردة يمكن أن تنعكس على الغبار إلا أنها لا تستطيع إثارة الغاز حتى درجة الاضاءة . وليس من الضرورى أن يكون كل ضوء السدم ذات الطيف المستمر راجع إلى الإنعكاس على الجسيمات الترابية .

طبيعة ونشأة الجسيمات : تجرى المحاولات عن طريق ما تجمع من أرصاد لإستنباط طبيعة الجسيمات الترابية البين نجمية نظريا . وقد إتضح أن تفسير قيمة كل من الإستبعاد والتلوين والاستقطاب يتم عن طريق نماذج للجسيمات الترابية متباينة تماما . علاوة على ذلك فإن المعالجة النظرية للسلوك الضوئى لهذه الجسيمات الصغيرة صعب جدا . وعليه فإننا لا نعلم حتى الآن كثيرا عن طبيعة الجسيمات .

من المؤكد أن تركيب الجسيمات يعتمد على طريقة تكوينها . وفى هذا المجال هناك ثلاثة إمكانيات قيد المناقشة لنشوء الجسيمات الترابية البين نجمية . فالمجموعة الأولى من النظريات تنطلق من أن الجسيمات الترابية فى مادة ما بين النجوم تبنى نفسها من غاز ما بين النجوم ، إذ يمكن عن طريق تصادم ذرتين أو أكثر تكوين جزىء بسيط ، وتنمو نواة التكثف هذه باقتناص ذرات أخرى . ومن المحتمل أن تعمل قوى الجذب الكهربية بين الذرات المتأينة على زيادة كفاءة تلك العملية . وتزيد درجة الحرارة الداخلية للجسيمات بدرجات قليلة عن الصفر المطلق ، وذلك بسبب الإشعاع الضعيف فى الوسط بين النجوم ، إلا أنها أكبر من ٣°ك ، التى يكون عليها جسيم مما بين النجوم يماثل «جسما رماديا» يمتص ويشع بنفس الدرجة لجميع الموجات . وفى الحقيقة فإن الامتصاص الذى تسببه المادة الترابية البين نجمية يحدث غالبا فى النطاق المرئى بينما يحدث إشعاعها فى النطاق تحت الأحمر من الطيف . وتقدر درجة حرارة الجسيمات من ١٥ إلى ٣٠°ك كما أنها تعتمد على حجم وتركيب تلك الجسيمات . وتتسبب درجة الحرارة المنخفضة هذه فى أن قليلا فقط من الذرات تتبخر ثانية تاركة الجسيمات . بذلك يتحدد تركيب الجسيمات من تراكم وإحتمال تبخر الذرات المختلفة وكذلك شيوعها النسبى . إنه ينبغى أن تكون الجسيمات مكونة من الهيدروجين والأكسجين والكربون والنيتروجين وكذلك مزيج قليل أو كثير من المعادن . وحيث أن الهيدروجين يتحد مع الأكسجين مكونا الماء ، الذى يتواجد على هيئة ثلج وذلك نظرا لإنخفاض درجة حرارة الجسيمات ، فإننا نطلق على ما يتكون بهذه الطريقة «جسيمات ثلجية مع خليط (الثلج القذر) » . ونظرا لإنعدام خبرتنا المعملية عن طبيعة المادة فى هذه الدرجات المنخفضة جدا ، فإن إقتناعنا بما يجرى من عمليات لبناء أو تكثف أو نمو الجسيمات البين نجمية قليل جدا . إن النشأة والنمو فى هذه العملية يعتمدان على كثافة غاز ما بين النجوم ، فكلما كانت الكثافة كبيرة كلما حدث بناء ونمو الجسيمات بسرعة أكثر . إن هناك بعض الأرصاد التى تؤيد هذا التصور . فقد ظهر على وجه التحديد فى بعض السحب الغازية الكثيفة أن كثافة الغبار أكبر عنها فى

السحب قليلة الكثافة . علاوة على ذلك فهناك عمليات تحد من كفاءة النمو وربما إلى تحطيم الجسيمات . من ذلك إصطدام جسمين ترابيين يسيران بسرعتين كبيرتين ومختلفتين . يحدث مثل هذا الإصطدام عندما تدخل سحابة أخرى . كما أنه فى مناطق الهيدروجين المتأين HII (← ما بين النجوم) تصطدم الاليكترونات بسرعة كبيرة مع الجسيمات التى يحتمل تبخرها بفعل ذلك وفعل الإشعاع العالى للنجوم المجاورة . يقدر متوسط حجم الجسيمات عموما ببضع ١٠-٥سم ، أى بالتقريب فى نفس رتبه طول موجة الضوء البصرى .

تفترض المجموعة الثانية من النظريات أن جسيمات الغبار البين نجمى تتكون فى أغلفة النجوم الباردة ثم تتحرك إلى فضاء ما بين النجوم بفعل ضغط إشعاع النجم . يعتمد تركيب الجسيمات فى هذه الحالة على إمكانية تكثف العناصر المختلفة تحت تأثير الظروف الطبيعة السائدة فى غلاف النجم . ويُعتقد أساسا فى بناء جسيمات الجرافيت وكذلك جسيمات لها تركيب آخر مثل كربيدات السيلزيوم . ويقدر حجم جسيمات الجرافيت ببضع ١٠-٦سم . ويمكن أن تعمل هذه كنويات للتكثيف فى وسط ما بين النجوم ، تتجمع عليها الذرات الغازية . وفى هذه الحالة فإنها تتغطى بمعطف ثلجى . ومن الممكن أن يزداد محتوى مادة ما بين النجوم من العناصر الثقيلة من خلال ما ينشأ من هذه العناصر فى مجموعات كوكبية مثل مجموعاتنا الشمسية ويتحرك بعد ذلك بفعل ضغط إشعاع النجم المركزى إلى وسط ما بين النجوم . فى هذه الحالة لابد أن تتشابه الجسيمات الترابية فى تركيبها مع النيازك ، أى لابد أن يغلب على تكوينها السيليكات . أخيرا فقد أمكن تعليل أرصاد الإستبعاد بوجود جسيمات أقطارها بضع ١٠-٧سم وهذه التكوينات يمكن إعتبارها قبل أى شىء آخر جزىء ضخم . وتبعا لما ذكر فإنه يمكن إعتبار غبار ما بين النجوم كمزيج من الجسيمات التى تكونت بطريق مختلفة ، وإن كان ذلك يوضح أى العمليات هى الأكفء .

من المحتمل أن يكون للتراب البين نجمى دور أساسى فى نشأة الجزئيات . ويسود الاعتقاد عموما بأن الجزئيات تتكون أساسا على سطوح الجسيمات الترابيه ثم تدخل بعد ذلك إلى غاز ما بين النجوم .

الغراب

Corvus, Crv *(L)*
corvus
corbeau *(sm)*
Rabe *(sn)*

هو كوكبة صغيرة فى منطقة الإستواء السماوى تراها فى ليالى الربيع إلا أنها لا ترتفع كثيرا عن الأفق فى خطوط عرضنا .

الغرب

west
ouest
Westen *(sm)*

إحدى ← الإتجاهات السماوية .

الغروب

setting
coucher *(sm)*
Untergang *(sm)*

هو لحظة إختفاء جرم سماوى ما تحت الأفق كنتيجة لحركته اليومية الظاهرية فى السماء . وعن خصائص الغروب انظر ← الشروق .

غزو الفضاء

astronautic
astronautique *(sf)*
Astronautik *(sf)*

هو عبور الفضاء خارج الغلاف الجوى الأرضى الكثيف : ويتم غزو الفضاء بوساطة مركبات إما مأهولة أو غير مأهولة بالإنسان .

الشروط التكنولوجية :ـ تتمثل العقبة الكبرى بالنسبة لغزو الفضاء فى ضرورة إنطلاق مركبات الفضاء من فوق سطح الأرض . بذلك تخضع هذه

المركبات لتأثير جذب الأرض ، الشيء الذى يتطلب طاقة كبيرة للتغلب عليه . وعند الإنطلاق لابد أن تصل المركبات الفضائية إلى سرعة عالية وفى وقت قصير بقدر الإمكان . وعلى مقدار السرعة التى وصلنا إليها يعتمد ما إذا كانت مركبة الفضاء ستغادر الأرض أم ستعود إليها ثانية . وإذا ما أردنا الطيران حول أو الوصول إلى أجسام سماوية أخرى فإن أصغر سرعة يتطلبها ذلك هى حوالى ١١ر٢ كم/ث . وتلك السرعة هى ما يسمى بالسرعة المكافئة أو سرعة الإفلات . كما تسمى أيضا بمرحلة السرعة الكونية الثانية . فإذا ما حصل جسم ما على هذه السرعة تماما فإنه يمكنه الإفلات من قبضة جاذبية الأرض من فوق مدار على شكل قاطع مكافىء . يمكن أيضا أن يصل جسم ذو سرعة أقل من ذلك إلى الفراغ الخارجى . لكن لابد فقط من إسراع الصاروخ الذى يحمله عدة مرات متتالية . إلا أن الطاقة الكلية المطلوبة فى هذه الحالة ، أى أيضا كمية الوقود ، تصبح هائلة الكبر . ويعد إستخدام الصوارخ متعددة المراحل أنسب بكثير عن ذات المرحلة الواحدة : لإنه بعد سقوط مرحلة محترقة فإننا نحتاج إلى إسراع كتلة أقل . ومن الممكن كذلك خفضْ السرعات المطلوبة لمركبات الفضاء بعض الشيء وذلك بإستغلال جاذبية أجسام سماوية أخرى مثل القمر . ويمكن أن يحدث ذلك بتحديد مدار الجسم الطائر بحيث يمر بالقمر . وفى هذه الحالة تتقابل جاذبية القمر مع جاذبية الأرض ، الأمر الذى يؤدى إلى نقص شديد فى جاذبية الأرض للجسم الموجود على مسافة بعيدة . وهناك إمكانية أخرى تكمن فى إستغلال دوران الأرض حول محورها وذلك بأن يتم الإطلاق فى إتجاه دوران الأرض . وللتحكم فى مركبات الفضاء ودفعها فإن الصواريخ هى وحدها المناسبة ، لأنها من ناحية تحمل وقودها وما يتطلبه الاحتراق من أكسجين فى داخلها . ومن هنا فإنها لا تعتمد على الأكسجين الموجود فى الهواء . ومن ناحية أخرى لأن مبدأ الحركة إلى الأمام ينطبق للصوارخ

أيضا خارج الغلاف الجوى الأرضى ، على خلاف الطائرات،على سبيل المثال . والزمن الذى يعمل أثناءه جهاز دفع الصاروخ صغير جدا إذا قيس بزمن الطيران الكلى . فركبة الفضاء تتحرك أطول وقت من مدارها بدون دفع وتحت تأثير جذب الأجسام السماوية المجاورة فقط . ويتحدد شكل المدار وسرعته من كل من السرعة وإتجاه الحركة عند إنتهاء إحتراق الصاروخ وكذلك من كتلة ومسافة الأجسام السماوية المجاورة . وفى أثناء الطيران تتحرك مركبات الفضاء تبعا لقوانين الميكانيكا السماوية فقط . أى أن المدارات التى تسير فيها هذه المركبات عبارة عن قطاعات مخروطية تقريبا ، لأنه الجسم الطائر ليس واقعا تحت تأثير جاذبية جسم كروى متماثل فقط يسمى هذا الجزء من المدار بالجزء السلبى . وذلك على العكس من الجزء الإيجابى ، الذى يحدث فيه الدفع . وفى أثناء الهبوط على جسم سماوى آخر أو عند العودة إلى الأرض يلزم إستخدام صواريخا تعمل فى الإتجاه المضاد لإتجاه عملها أثناء الدفع . أى أنه توجد قطعة مدار إيجابية فى نهاية رحلة مركبة فضائية . ولما كان شكل المدار الإيجابى يعتمد من بين عوامل أخرى على سرعة وإتجاه حركة الجسم المنطلق وقت نفاذ الوقود من صاروخ الدفع ، فإن الإختلافات الصغيرة فى الإتجاه أثناء الجزء الإيجابى من الرحلة وكذلك فى زمن إحتراق الصاروخ تؤدى إلى إختلاف كبير عن المدار الإيجابى المطلوب . ويتم تصحيح المدار بواسطة صواريخ تصحيح أو عن طريق إعادة فتح موتور الصاروخ . فى أثناء ذلك تتغير كل من السرعة اللحظية وإتجاه حركة مركبة الفضاء ، الشيء الذى يُغير من شكل المدار الإيجابى النهائى بالنسبة للمدار السابق ، أى أننا ننتقل من قطع مخروطى إلى آخر .

الشروط الواجب توافرها فى مركبة الفضاء المأهولة بالإنسان :ـ هناك صعوبات خاصة تعوق إرسال المركبات المأهولة بالإنسان إلى الفضاء ، لأن الظروف السائدة خارج الغلاف الجوى الأرضى معادية جدا

لحياة الإنسان . وإحدى هذه الصعوبات يُمثلها الفراغ الكامل تقريبا من الوجهة العملية ، الذى تحدث فيه رحلات الفضاء . بذلك نفتقد الأكسيجين الذى لا نستطيع الإستغناء عنه فى عملية التنفس . ولهذا فمن الضرورى أن تكون لمركبات الفضاء كبائن محكمة ضد الفراغ الخارجى ، تهىء لطاقمها الظروف الملائمة للحياة . وفى ذلك لابد من العمل على أن يستعاض الهواء المستهلك دائما بآخر جديد . ولنفس الأسباب فإن مغادرة سفينة الفضاء ممكن فقط فى حُلل خاصة محكمة ضد الفراغ . ولكابينة الجسم الفضائى الطائر مهمة أخرى ، هى حماية الإنسان ضد تأثير العوامل الغير أرضية ، مثل الخطر الذى يأتى من الإشعاع القوى للشمس فى النطاق فوق البنفسجى . ولو أن الإنسان وُضع بغير وقاية فى هذا الإشعاع فسوف يعانى من إحتراق شديد فى حدود وقت قليل . وليس هذا هو الحال عند سطح الأرض لأن غلافها الجوى غير منفذ للإشعاع . كذلك فإن الغلاف الجوى الأرضى يمثل أيضا وقاءا للإنسان ضد الأشعة الكونية ، وإن كان هناك إشعاعا ثانويا ضعيفا يتغلغل إلى سطح الأرض . تستعمل كذلك كبينة مركبة الفضاء للوقاية من جسيمات الأشعة الكونية منخفضة الطاقة . وعلاوة على ذلك لابد أن يحتمى رجل الفضاء من أى إرتطام محتمل لشهاب أو نيزك بجسم المركبة . إلا أن هذا الخطر ليس كبيرا جدا بالنسبة للمخاوف السابقة . ولضمان سلامة رجال الفضاء فإن الكبائن تصنع مزدوجة الحائط حتى يمكن بشدة فرملة أى شهاب يحتمل إرتطامه بالسفينة فى الطبقة الخارجية ، بحيث لا يمكنه الوصول إلى الطبقات الداخلية .

بجانب هذه الأخطار الخارجية يحدث لرجال الفضاء إجهاد جسمى ونفسى . وهذان يرتبطان ، على سبيل المثال ، بفعل العجلة الشديدة التى تحدث فى أثناء كل من الإنطلاق والهبوط وكذلك بسبب فقدان الجاذبية أثناء قطع الجزء الإيجابى من المدار .

ويرجع الإجهاد النفسى إلى إضطرار طاقم مركبة الفضاء للبقاء فترة زمنية طويلة فى أصغر حيز ومن كون رحلات الفضاء مازالت مليئة بالمجازفات على الرغم من كل الإحتياطات المتبعة .

الأهداف العلمية :ـ يمكن تلخيص الأهداف العلمية من وراء رحلات الفضاء إلى أهداف مباشرة تتعلق بإجراء أبحاث على الأجسام الغير أرضية ، لا يمكن القيام بها بإستعمال الوسائل الفلكية التقليدية ، وفى نطاق طيفى لا نستطيع رصده من على سطح الأرض بسبب تأثير إمتصاص الغلاف الجوى الأرضى . ومن ناحية أخرى يتم إجراء أبحاث على الظواهر الأرضية الكبيرة ، التى يمكن رصدها بطريقة أحسن من مكان موجود على إرتفاع بضع مئات الكيلومترات عن سطح الأرض ، أو الأبحاث التى نحتاج لإجرائها جسما بعيدا جدا . تنتمى إلى هاتين المجموعتين الأخيرتين على سبيل المثال كل الأرصاد من الأقمار الصناعية (المأهولة وغير المأهولة) ، التى تهتم بالأحداث الجوية . من ذلك مثلا يمكن الحصول بواسطة الأقمار الصناعية ، على معلومات عن توزيع السحب خصوصا فوق المحيطات ومناطق الأرض نادرة السكان وعن تطور الطقس فى الأماكن الأخرى ، بواسطة الأقمار الصناعية تفوق فى جودتها ما نحصل عليه من محطة أو محطات رصد أرضية . وأيضا بالنسبة لأغراض المساحة الدقيقة أعطت رحلات الفضاء إمكانيات جديدة ، أدت إلى تحسين كبير فى الدقة . وفى هذا الشأن يستعمل لأغراض القياسات المساحية الدولية ، فى غالب الأحوال أقمارا صناعية كأهداف مساعدة ينعكس عليها نبض من أشعةٍ ليزر ، ينبعث من مكان ما . ومن زمن وصول النبض من مكان الإرسال إلى مكان الإستقبال يمكننا تعيين المسافة بين المكانين ، التى يمكن أن تصل إلى عدة آلاف الكيلومترات وذلك بدقة تصل إلى بضعة أمتار . وتضم خطط غزو الفضاء بناء شبكة مساحية عالمية عالية الدقة تشمل كل أنحاء الأرض . يمكن

بالإضافة إلى ذلك وعن طريق متابعة عدم الإنتظام فى حركة الأقمار الصناعية إستنتاج الاختلافات فى مجال الجاذبية الأرضى . وهذا يعطى بدوره ، من بين أشياء أخرى ، إيضاحات عن إختلافات الكثافة فى الطبقات العليا من جسم الأرض ، والتى يمكن أن تنتج من مناطق غنيه بالمعادن الثقيلة . ويمكن بهذه الطريقة أن يضيف غزو الفضاء إلى إكتشاف مناطق المواد الخام . كذلك يمكن أيضا من فحص مجال الجاذبية الأرضى إستنتاج الشكل الدقيق للأرض (← الأرض) . وعلاوة على كل هذا أضاف غزو الفضاء كثيرا لمعلوماتنا عن المجال المغناطيسى . فقد إتضح أن الأرض محاطة ← بأحزمة إشعاعية ، ذات أشعة كونية كثيفة ، لأن جسيماتها المشحونة يتم إقتناصها بواسطة المجال المغناطيسى الأرض ، الذى يختزنها فى هذه المناطق . ومن ناحية أخرى إتضح أن الأحزمة الإشعاعية يمكن إعتبارها أجزاء من ← الماجنيتوسفير ، يتحدد شكلها بالتفاعل المشترك للمجال المغناطيسى الأرضى مع جسيمات الرياح الشمسية المشحونة .

أما بالنسبة للفلك فقد نتج عن غزو الفضاء لأول مرة إمكانية الأبحاث على الأجسام الخارجية ، أى الموجودة خارج الأرض . بذلك فإن الفلك فى أبحاثه على الأجسام التى تصل إليها أرصاد الأقمار الصناعية ، لم يعد مقتصرا على الأبحاث التى تعتمد على الإشعاع الذى تبعث به أو تمتصه هذه الأجسام . وقد بدأت معرفتنا الدقيقة بعض الشىء عن الكثافة والتركيب الكيماوى وظروف الحركة والمجال المغناطيسى فى ← مادة ما بين الكواكب ، على سبيل ، المثال منذ أمكن إستخدام سفن الفضاء فى دراسة فضاء بين الكواكب . وبالمثل فإنه يمكن دراسة المركبة الإبتدائية من ← الأشعة الكونية خارج الغلاف الجوى الأرضى الكثيف فقط . بالإضافة إلى ذلك فقد أتاح غزو الفضاء فرصة لإجراء تجارب فيما بين الكواكب ، يمكن منها إستخلاص النتائج عن الظروف الفيزيائية . مثال ذلك أن نضع جسيمات مشحونة ، أيونات ، فى منطقة ما بين الكواكب ونستنتج من حركاتها تركيب وشدة المجال المغناطيسى الموجود . وبذلك فإننا نحاكى الظروف السائدة فى الذيول المتأينة من ← المذنبات . أى أننا نكون مذنبا صناعيا صغيرا .

وبالنسبة لدراسة القمر والكواكب التى تليه مثل الزهرة والمريخ فقد أتاح غزو الفضاء إمكانيات جديدة . وبالنسبة لكوكب ← الزهرة فقد عرفنا كل من تركيبه الكيماوى ودرجة حرارته وظروف الضغط والمجال المغناطيسى فوقه وذلك لأول مرة خلال المرور القريب لمركبات الفضاء ، وكذلك من القياسات التى تم إرسالها بالراديو أثناء إختراق المركبة للغلاف الجوى للكوكب . وقد تمكنا من معرفة تضاريس سطح ← المريخ ، الذى يشابه كثيرا تضاريس سطح القمر ، بعد أن أمكن تصوير الكوكب بمساعدة سفن الفضاء من على مسافة بضع آلاف الكيلومترات . ويعد أكبر نجاح لغزو الفضاء حتى الآن فى مجال دراسة ← القمر . بدأ ذلك بتصوير الجانب الخلفى من القمر ، ذلك الجانب الذى لا يُرى من على سطح الأرض ، بواسطة سفينة الفضاء السوفيتية «ليونيك ٣» . ثم إستمرت الإستكشافات بوساطة سفن الفضاء ، التى درات كأقمار صناعية حول القمر والأخرى التى إرتطمت بسطحه أو هبطت هبوطا هينا عليه . وفى أثناء ذلك تم عمل تجارب ، أتاحت إستخلاص النتائج حول التركيب الكيماوى وتضاريس سطح القمر . وقد كان هبوط الإنسان على سطح القمر ذروة فى تاريخ غزو الفضاء . بذلك خطى آدميون لأول مرة فوق سطح جسم سماوى آخر . وبالإضافة إلى إتساع مجال عمل الإنسان فقد أتاح هبوطه على سطح القمر على سبيل المثال فرصة الدراسة المباشرة للسطح . وإقامة أجهزة قياس خاصة ، وكذلك إجراء الأبحاث على صخور القمر فى المعامل الأرضية . وجزء من هذه الواجبات يمكن إجراؤه

بسفن الفضاء الأوتوماتيكية التى تهبط لينا على سطح القمر ، حيث تقوم بفحوص وربما يمكن إعادتها ثانية إلى الأرض . وفى هذا المجال فإن للمركبات الأوتوماتيكية أو التى يتم التحكم فيها من الأرض ، مثل «لونوخود ١» ، أهمية خاصة ، لأن الأبحاث التى تقوم بها لا تقتصر على مكان الهبوط وإنما تمتد إلى مناطق بعيدة ولفترات زمنية طويلة . وهذه الأبحاث بالذات فى غاية الأهمية بالنسبة لمعلوماتنا عن تاريخ نشأة القمر وكل مجموعة الكواكب .

وقد كانت نتائج رحلات بيونير وفويجر ضمن برنامج غزو الفضاء الأمريكى بمثابة أولى وأهم المعلومات التى حصلنا عليها لكل من المشترى وزحل فقد بلغ ، بعد رحلات غزو الفضاء ، عدد أقمار الأول إلى ١٥ والثانى إلى ١٧ ، بعد أن كان ١٢ للمشترى و ٩ لزحل قبل غزو الفضاء . وقد وقفت هذه الرحلات على كثير من أسرار الكوكبين والظروف المحيطة بهما .

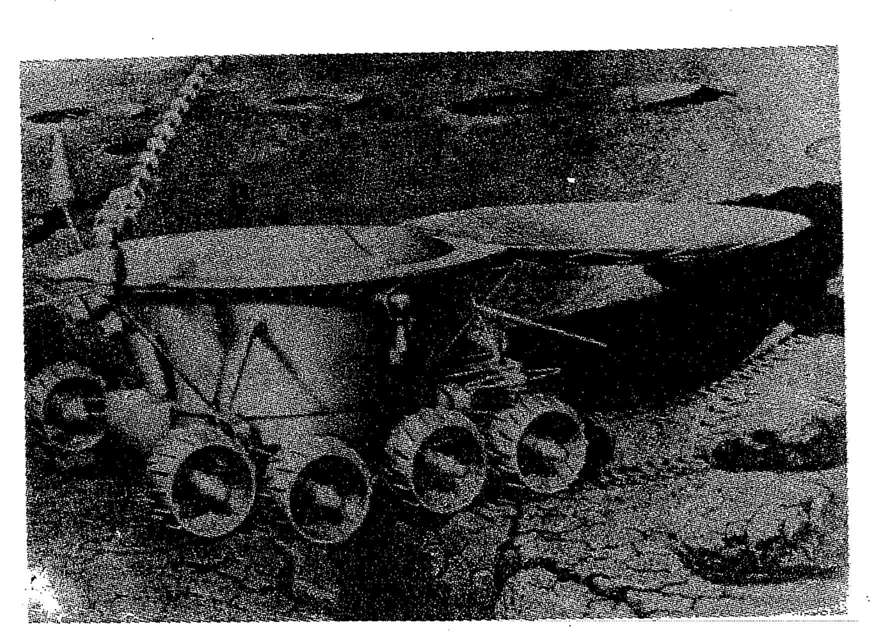
بهبوط الإنسان على سطح القمر يأتى السؤال عن إمكانية هبوط الإنسان فوق أجسام سماوية أخرى ، كى يمكن أيضا إجراء أبحاث مباشرة فوقها . وتعتبر على سبيل المثال رحلة إلى كوكب الزهرة المجاور محاولة صعبة بطريقة لا تقارن برحلة إلى القمر . فالمسافة التى لابد أن تقطع فى هذه الحالة تقدر بمئات الملايين من الكيلومترات . بالاضافة إلى ذلك فإن مسار الرحلة يختلف كثيرا عنه فى حالة القمر . فلما كانت الأرض تدور مع القمر سويا حول الشمس ، كما أن البعد بينهما يتغير قليلا فقط ، فإن الرحلة بينهما يمكن أن تبدأ فى أى وقت . أما فترة الرحلة فتستغرق بضع أيام قليلة فقط . ويختلف الحال عن ذلك بالنسبة للرحلات إلى الكواكب المجاورة . فكل من الأرض والكوكب الذى ستزوره وسفينة الفضاء ، فى الجزء الإيجابى من مدارها ، تتحرك جميعا بدون إعتماد على بعضها البعض فى مجال تثاقل الشمس . كما أن لكل منها مدارا بيضاويا بذاته حول الشمس . ومجال تثاقل هذه الأجسام كبير التأثير فقط أثناء إقتراب سفينة الفضاء من الكوكب المقصود وفى أثناء الإنطلاق من والهبوط على الأرض . وحيث أن سفينة الفضاء يمكن إسراعها فقط فوق أقل جزء من المدار ــ وإلا أصبح المطلوب من الوقود كبيرا جدا ــ لذلك لابد من إختيار النقطة الزمنية للإنطلاق ، بحيث تكون سفينة الفضاء بالقرب من مدار الكوكب المقصود حول الشمس ، فى نفس اللحظة التى يكون الكوكب أيضا هناك . إن إجراء تغيير فى المدار أثناء الرحلة ممكن بدرجة قليلة فقط وذلك بسبب الحاجة إلى الوقود . وعلى نفس المنوال فإن رحلة العودة يمكن أن تبدأ بعد فترة إنتظار ، وإلا أخطأت مركبة الفضاء طريقها إلى الأرض . ومن ناحية الطاقة فإن أنسب مدار بيضاوى يربط بين كوكبين تحت تأثير جذب الشمس ، هو أى المدارين اللذان يمسان الكوكبين ، أى مدار الأرض أو الكوكب المراد الوصول إليه ، وإن كان ذلك يتطلب زمنا طويلا للسفر . مثال ذلك أن الرحلة إلى الزهرة والعودة منها تستغرق حوالى ٢٥ شهرا ، وإلى المريخ ومنه ٣٢ شهرا بما فى ذلك من أزمنة الإنتظار . وتستغرق الرحلات إلى الكواكب الأبعد وقتا أطول مما ذُكر بكثير وبالتالى فإنها تتطلب وقودا أكثر . وهذا يحد من المسافات التى نستطيع أن نجتازها بالتكنولوجية الحديثة . وكانت أبعد مسافة وصلتها مركبة فضاء هى حتى الكوكب زحل الذى بلغته فويجر « ١ بعد أن طافت بالمشترى . أما الرحلات فى مادة ما بين النجوم وإلى النجوم المجاورة فإنها لا تزال ضربا من الخيال بسبب البعد الشاشع وما يتطلبه من فترات زمنية فى السفر تقدر ببضع مئات السنين .

إكتسب غزو الفضاء أهمية بالنسبة لأبحاث الأجسام البعيدة مثل النجوم والمجموعات النجومية الخارجية ، لأنه يتيح إمكانية الدراسة الطيفية فى مناطق من الطيف لا نصل إليها من على سطح الأرض . وتلك المناطق الطيفية هى بالتحديد فوق

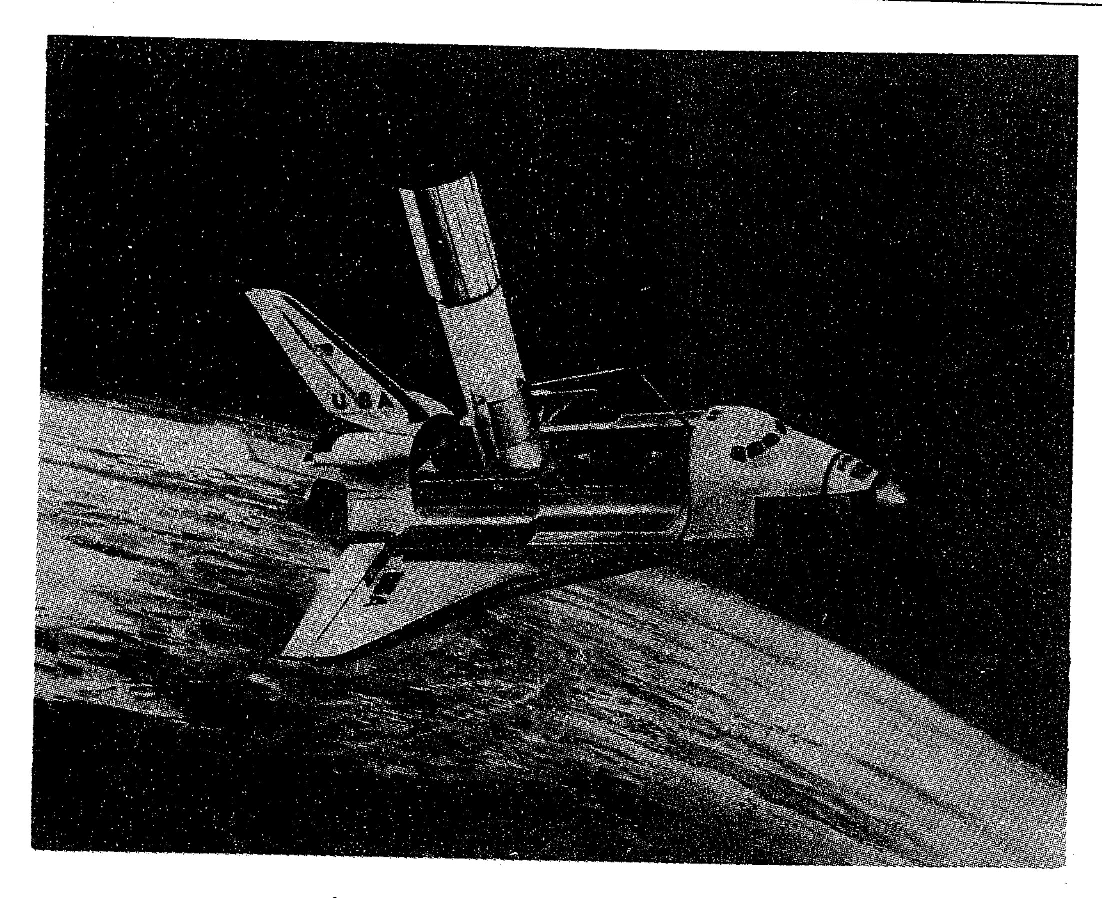
البنفسجي وأشعة رونتجن وجاما وكذلك الموجات الميكرونية القصيرة جدا ، أى الإشعاع الكهرومغناطيسي ذى الطول الموجي الأقل من جوالى ١م . وقد أدت الأرصاد فى مثل هذا النطاقات الطيفية ، على سبيل المثال ، إلى إكتشاف منابع غير أرضية لأشعة رونتجن أو إلى إكتشاف ظهور خطوط إنبعاث فى طيف الشمس بجوار الطول الموجي ١٧٠٠ أنجستروم تقريبا على خلاف خطوط الإمتصاص الموجودة فى المنطقة البصرية . إلا أن إتساع نطاق الأرصاد الفلكية يقابل بصعوبات تأتى قبل كل شىء من أن الأجهزة المستخدمة عموما فى سفن الفضاء غير المأهولة لابد أن تنقل إلى مدار الدوران حول الأرض . وبذلك تظهر ضرورة إجراء كل الأرصاد عن طريق التحكم البعيد ونقل النتائج إلى الأرض ، الأمر الذى يتطلب تحفظات تكنيكية كبيرة .

وإذا كانت الأرصاد التى تؤخذ من خارج الغلاف الجوى الأرضى تدخل كإضافات وتحسينات على الأرصاد الأرضية فإن غزو الفضاء قد فتح الباب على مصراعيه لوسيلة جديدة للرصد هى أشعة رونتجن وأشعة إكس . وحاليا فإن أخذ الأرصاد من خارج الغلاف الجوى الأرضى يتم أساسا بواسطة صواريخ الأبحاث والأقمار الصناعية الأرضية (← القمر الصناعى الأرضى) .

عرض تاريخى : بعد الحرب العالمية الثانية بدأ الإتحاد السوفيتى وبدأت الولايات المتحدة الأمريكية فى دراسة الغلاف الجوى العلوى بالصواريخ . وقد حدثت خطوة أساسية فى غزو الفضاء يوم ٤ أكتوبر عام ١٩٥٧ ، حيث إنطلق فيه ← القمر الصناعى السوفيتى الأول ، «سبوتنيك ١» . وبإطلاق «ليونيك ٢» فى ١٤ سبتمر ١٩٥٩ أمكن لأول مرة إرسال جهاز من بناء آدمى إلى جسم سماوى آخر ؛ وتحطم ليونيك ٢ أثناء إرتطامه بسطح القمر . ثم حدث أول هبوط لين على سطح القمر (٣ فبراير ١٩٦٦) لسفينة الفضاء «لونا ــ ٩» ، التى إنطلقت بالمثل من أرض الإتحاد السوفيتى . وفى ١ مارس ١٩٦٦ أمكن وصول سفينة الفضاء السوفيتية «فينوس ــ ٣» لأول مرة إلى كوكب آخر ، هو الزهرة .



موديل المركبه القمريه السوفيتيه لونوخود ــ ١ .



مكوك الفضاء الأمريكى فى مداره وعلى متنه منظارا فلكيا .

كانت أول رحلة فضاء مأهولة بالإنسان فى ١٢ أبريل ١٩٦١ ، حيث حملت سفينة الفضاء «فوستوك» الميجور السوفيتى «يورى جاجارين» . وفى ١٨ مارس ١٩٦٥ بقى لأول مرة إنسان ، هو رجل الفضاء السوفيتى «أ . ليونوف» لمدة ١٠ دقائق فى الفضاء خارج السفينة . وفى الفترة من ٢١ ــ ٢٧ ديسمبر ١٩٦٨ قام الأمريكيون الثلاثة «ف . بورمان» ، و«ج . لوفل» ، و«و . أندرز» بالدوران حول القمر فى سفينة الفضاء «أبوللو ٨» . وفى ٢١ يوليو ١٩٦٩ هبط لأول مرة آدميون هما الأمريكيان «ن . أرمسترونج» و «أ . الدرين» على سطح القمر . وكانت أول إستعادة أوتوماتيكية لسفينة هبطت على القمر هى للسفينة «لونا ١٦» ، التى إستطاع الإتحاد السوفيتى إعادتها فى ٢٠ سبتمر ١٩٧٠ . كما أن أول عربة أنزلت على سطح القمر هى «لونوخود ــ ١» (١٧ نوفمبر ١٩٧٠) ، التى قامت ببرنامج أبحاث كبير. وفى الوقت الذى يركز السوفيت أبحاثهم على الزهره المريخ نجد الأمريكيين يواصلون إرسال سفنهم الفضائيه إلى الكواكب العملاقة البعيده فى المجموعة الشمسيه ، المشترى وزحل ، وقد لاقت رحلتى «فويجر ــ ١ وفويجر ــ ٢» نجاحا كبيرا ونتج عنها إكتشافات علمية هامه لهذين الكوكبين .

الغطاء الواقى للمنظار

dew cap
tube pare - buée *(sm)*
Taukappe *(sf)*

← المنظار .

الغلاف الجوى

atmosphere
atmosphère *(sf)*
Atmosphäre *(sf)*

فى معناه الحقيقى هو ما يحيط بالجسم من هالة غازية مثل جو ← الكوكب وكذلك ← جو الأرض . وفى المعنى المستعار يدل الغلاف الجوى على الأجزاء الخارجية قليلة الكثافة من النجم أى أجواء النجوم .

الغلاف الجوى الأرضى

earth's atmosphere
atmosphère terrestre *(sf)*
Erdatmosphäre *(sf)*

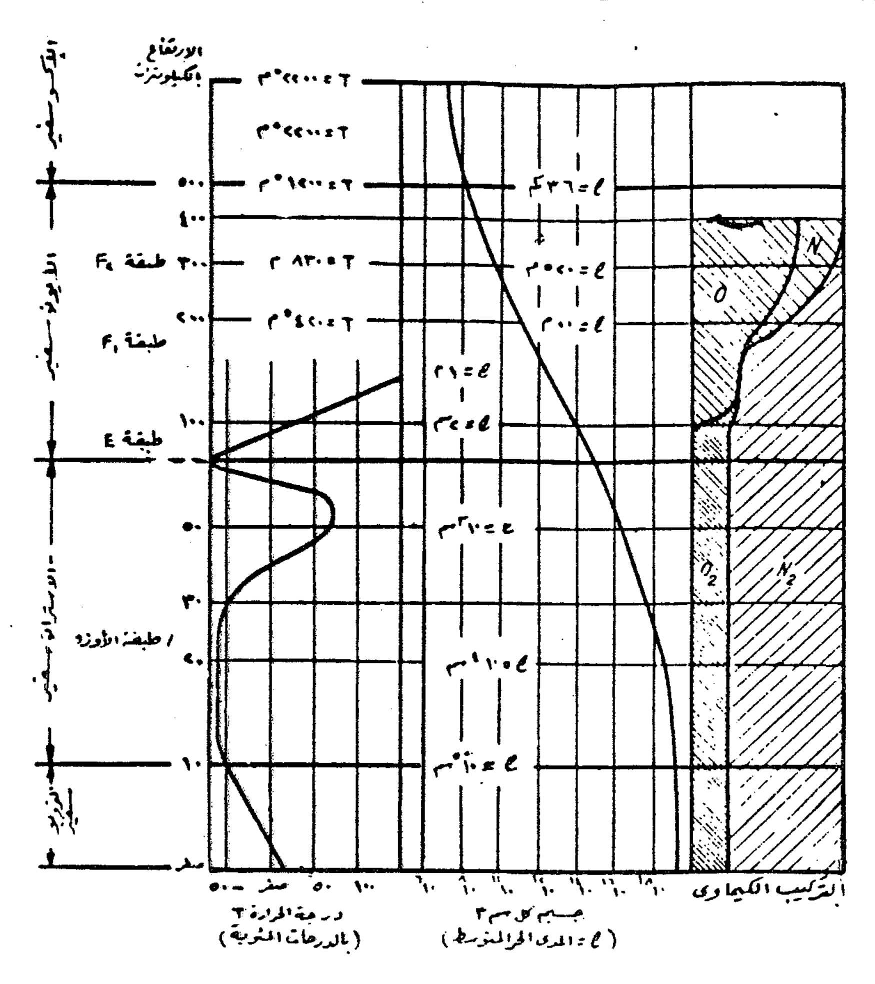
هو ما يحيط بالكره الأرضية من غاز . ويبقى الغلاف الجوى نتيجة قوة الجاذبية الأرضية ، كما يشارك بأجزاءه السفلى ، التى تسمى أيضا بالغلاف الجوى الداخلى ، مع دوران الأرض . وعلى إرتفاع بضع مئات الكيلومترات تتأخر بالتدريج الطبقات العليا بالنسبة للطبقات السفلى السريعة . تبلغ الكتلة الكلية لغلاف الأرض الجوى ٥ر٣ × ١٠^١٨ كجم . وهى بذلك أقل من جزء من مليون من كتلة الأرض ، إلا أنها مهمة جدا للحياة على كوكبنا . فبغض النظر عن إشتراكها فى بناء ووظائف الأعضاء فإنها تمثل درعا واقيا ضد النيازك والإشعاع الشمسى قصير الموجه وكذلك ضد الإشعاعات الجسيمية . وتتأثر جميع الأرصاد الفلكية بالغلاف الجوى الأرضى . فيتغير الضوء الواصل إلينا من الأجرام السماوية فى شدته وتركيبه الطيفى ، بواسطة الإنكسار والإستبعاد والتألق ، أثناء مسروره فى جو الأرض . كما يضيف الإشعاع الذاتى للغلاف الجوى الأرضى إضافة أساسية إلى ضوء الليل . وتستمد الشهب ظهورها وتركيب طيفها من وجود الغلاف الجوى الأرضى وتركيبه . وبذلك تتضح أهمية إعطاء فكرة عن تكوين الغلاف الجوى الأرضى ، ولو أنه لا ينتمى إلى مجالات بحث الفلك وإنما إلى مجالات الجيولوجيا والميتيورولوجيا . كذلك فإنه من الممكن أن تضيف معلوماتنا الفلكية إلى ما نعرفه عن تركيب الغلاف الجوى الأرضى .

تقل كثافة الغلاف بالإرتفاع عن سطح الأرض . وتوجد حوالى ٩٠٪ من الكتلة الكلية للغلاف الجوى الأرضى فى منطقة يصل إرتفاعها إلى ٢٠ كم فوق سطح الأرض . وتقدر كثافة الغلاف الجوى ، فى درجة الصفر المئوى وتحت ضغط عادى أى ضغط جوى ٧٦٠ تور = ١٠١٣ ملى بار ، حوالى ٢٩ر١ كجم/م^٣ . وفى ١سم^٣ عند سطح الأرض يوجد أكثر قليلا من ١٠^١٩ جزئ (أنظر الشكل) .

تم تقسيم الغلاف الجوى الأرضى إلى الطبقات الآتية الشكل : ـ

(١) **التروبوسفير** ويمتد من سطح الأرض إلى إرتفاع ١٠ كم تقريبا . وحدوده أعلى فى مناطق خط الإستواء عنها فى مناطق القطبين . وفيه تنخفض درجة الحرارة كلما زاد الارتفاع بحوالى ٥ر٦ درجة لكل كم ، أى أنها تصل إلى ـ٥٠°م عند حدو التروبوسفير . وفى طبقة التروبوسفير تحدث عمليات الطقس . وفى داخل التروبوسفير يتم التمييز بين الطبقة الأرضية (إلى إرتفاح ٢م) والطبقة الأساسية (حتى ٢كم إرتفاع) والطبقة الإنتقالية التى تبدأ عند إرتفاع حوالى ٨كم ، التروبوبوز .

(٢) **الإستراتوسفير** ويلى التروبوسفير ويمتد إلى إرتفاع حوالى ٨٠كم . وفيه تظل درجة الحرارة ثابتة أولا مع زيادة الإرتفاع وتزداد بعد ذلك إلى أن تصل حوالى + ٧٠°م ثم تبدأ فى الإنخفاض عند إرتفاع ٦٠كم وحتى حدود الإستراتوسفير العليا حيث تكون قد وصلت إلى – ٧٠°م . وحديثا يطلق إسم الإستراتوسفير على الجزء الثابت فى درجة حرارته ، أى من إرتفاع حوالى ١٠ كم إلى ٣٠كم . أما الجزء من ٣٠ كم إلى ٨٠ كم فيسمى بالمسوسفير . (٣) **الأيونوسفير** ويمتد من ٨٠ كم إلى ٥٠٠ كم فى الإرتفاع . وفيه يحدث تأين الذرات والجزيئات ، وعلى وجه الخصوص ،



تقسيم وتركيب الغلاف الجوى الأرضى. ويراعى أن المعلومات المدونه على الشكل مازالت غير دقيقه عن الطبقات العاليه بدءا من الأيونوسفير.

بتأثير الاشعاع البنفسجى من الشمس . وتبلغ كثافة الإليكترونات فى الأيونوسفير نهاية عظمى كبيرة . وتبعا لذلك ينقسم الأيونوسفير إلى طبقات مختلفة : طبقة ـ D ، وطبقة E (قديما طبقة هيفى سيد ـ كينلى » ، ثم طبقتى -F_1 ، -F_2 (قديما طبقة أبيلتون) . وفى طبقة -E تتأين جزيئات الأكسيجين (O_2) ، وفى طبقة تتأين ذرات الأكسيجين (O) وجزيئات النيتروجين (N_2) . ويتحدد إرتفاع طبقة من هذه الطبقات من جهة بعمق نفاذ أشعة الشمس المؤينة ومن ناحية أخرى بإنخفاض عدد الجسيمات مع زيادة الإرتفاع ، كما يتأرجح كل من إرتفاع الطبقة وكثافة الإليكترونات حسب حالة الشمس ونشاطها . والإضطراب الشمسى ولو لزمن قصير قادر على إحداث إضطرابات كبيرة فى الأيونوسفير ، حيث أن الإشعاعات الشمسية غزيرة الطاقة جدا ، وبذلك فإن الأيونوسفير يعتبر كترمومتر حساس لما يحدث فى الشمس (← الظواهر الشمسية ـ الأرضية) . ويلعب الايونوسفير دورا كبيرا فى الإتصال اللاسلكى فوق الكرة الأرضية ، لأن الطبقة المتأينة والموصلة للكهرباء لها قدره على عكس الموجات القصيرة . لذلك فإنه يمكن دراسة الأيونوسفير بإرسال موجات موجات ذات أطوال مختلفة وفحص ما ينعكس منها . (٤) المنطقة من جو الأرض فوق ٥٠٠ كم تسمى **الإكسوسفير أو الفضاء**

الخارجى وتدخل بالتدريج فى الفضاء الكونى . معنى ذلك أن الكثافة تقل دائما إلى أن يتقابل الغلاف الجوى الأرضى مع غاز ما بين الكواكب . أى أن الغلاف الجوى الأرضى ليس له نهاية مادية بالنسبة للفضاء . كما يمكن أن تنتقل أجسام من الطبقة العليا إلى مادة ما بين الكواكب ، حيث أن جاذبية الأرض فى هذه المناطق صغيرة وتبلغ على إرتفاع ١٠٠٠ كم حوالى ٧٥٪ من قيمتها عند سطح الأرض ، ومن ناحية أخرى فإن المشوار الحر ℓ ، أى متوسط المسافة التى يقطعها جزىء بين إصطامين مع جزء آخر فى الإكسوسفير ، يصل إلى عشرات الكيلومترات (الشكل) وبذلك فإن الجزيئات تسير بين كل إصطامين مسافات حرة فى مجال الجاذبية (مثل القمر الصناعى) ، كما يمكن لهذه الجزيئات الإفلات من جو الأرض ، إذا كانت سرعة هذه الجزيئات كافية .

إن تركيب الغلاف الجوى متماثل على الأقل فى أجزاءه السفلى حيث يوجد تقليب شديد بفعل تيارات الحمل . ويمثل النيتروجين الجزيئى N_2 الجزء الأساسى ونسبته الحجمية ٧٨٫٠٨٪ ، ثم يليه الأكسيجين الجزيئى O_2 ونسبته الحجمية ٢٠٫٩٥ ، أما الباقى فهو فى الغالب من الغازات الأرضية النفيسة مثل الأرجون ونسبته الحجمية ٠٫٩٣٪ وثانى أكسيد الكربون ونسبته الحجمية ٠٫٠٣٪ (ويلاحظ أن هذه المعلومات مأخوذة للهواء الجاف) . ونادرا ما يمكن الإستدلال على الهيدروجين . وبخار الماء موجود فى الطبقات السفلى من التروبوسفير بمتوسط نسبته الحجمية ١٪ ، وتقل هذه النسبة بشدة مع الإرتفاع ، ويكاد يكون الإستراتوسفير جاف تماما . ويتأرجح محتوى ثانى أكسيد الكربون بشدة . لأن هذا الغاز يتم إستهلاكه فى التمثيل الضوئى كما أنه ينتج من التنفس وعمليات الإحتراق . وقد أمكن الإستدلال على كل من الكالسيوم والألومونيوم فى طيف الليل . بعد إرتفاع حوالى ١٠٠ كم يبدأ تحلل جزيئات الأكسجين ، فبعد هذا الإرتفاع يوجد الأكسجين فى صورة ذرية فقط . كما يحدث نفس الشئ بالنسبة للنيتروجين عند إرتفاع من حوالى ١٥٠ إلى ٢٠٠ كم . وفى الأجزاء السفلى من الاستراتوسفير على إرتفاع حوالى ٢٥ كم يوجد أكبر تركيز من الاوزون O_3 ؛ ولذلك تسمى هذه الطبقة أيضا **بالأوزونوسفير** . كما أنه توجد بالطبع كميات من الغبار .

تختلف نفاذية الغلاف الجوى بإختلاف طول الموجه (الشكل ، ← الطيف) . والأشعة ذات الطول الموجى الأقصر من ٣٠٠٠ Å أنجشتروم يتم إمتصاصها بواسطة O_3, O_2 . فإذا ما أردنا رصد الأجرام السماوية فى هذه الموجات فإن ذلك يستلزم الإرتفاع لأكثر من ١٠٠ كم عن سطح الأرض (مثلا عن طريق إطلاق الصواريخ) . والغلاف الأرضى منفذ للموجات فى الحيز من ٣٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ Å أنجشتروم . وهذا النطاق الطيفى الذى يضم المنطقة القريبة من فوق البنفسجى والطيف البصرى وتحت الأحمر يسمى بالنافذة البصريه . والإشعاع ذو الموجة الأطول يتم إمتصاصه فى جو الأرض (بصرف النظر عن حيز طيفى ضيق) . يعتبر جو الأرض منفذا بالنسبة للإشعاع ذو الموجات الطويلة من بضع مليمترات إلى ٢٠م . وفى هذا الحيز يتم أخذ الأرصاد الفلكية الراديوية ويسمى لذلك بالنافذة الراديوية للغلاف الجوى الأرضى . أما الموجات الأطول من ذلك والتى تأتى من خارج الغلاف الجوى الأرضى فتنعكس على الطبقة المتأينة من الأيونوسفير وهى لذلك لا تصل إلى الأرض . وإشعاع الأرض الحرارى فى الموجات الطويلة وكذلك إمتصاص هذا الإشعاع بوساطة بخار الماء مهم جدا فى التوازن الحرارى فى طبقات الغلاف الجوى الأرضى السفلى ، حيث يعمل هذا الإمتصاص على عدم فقدان الأشعة الحرارية الأرضية كلية فى الكون . أى أنه يعمل كبيت زجاجى للإشعاع الحرارى الأرضى . ويقل ذلك كثيرا فى حالة عدم وجود السحب وجفاف الهواء

عما يكون عليه فى حالة السماء المسحبة والهواء الرطب .

تتم دراسة الغلاف الجوى الأرضى أساسا خلال إطلاق البالونات والصواريخ وكذلك بواسطة الأقمار الصناعية . وقد تطورت طرق خاصة لدراسة الأيونوسفير (أنظر قبله) . ويمكن الحصول على بعض المعلومات عن تركيب الغلاف الجوى الأرضى من خلال ما يصدر عنه من إشعاعات كالتى تحدث من ضوء الليل أو الضوء البروجى . وعلى وجه الخصوص فإن معلوماتنا لا تزال قليلة عن تركيب الطبقات العليا . وحتى يمكن وضع مقاييس موحدة للحسابات الميتورولوجية فقد تم نظريا تحديد مسار الأبعاد المميزة مثل الكثافة ودرجة الحرارة . ويسمى الغلاف الإفتراضى الذى تنطبق عليه هذه القيم **بنموذج الغلاف الجوى الأرضى** . ويلاحظ أن ما ذكر فى هذه النبذه وما هو موجود فى الشكل قد تم أخذه من مثل هذا النموذج . إلا أن تركيب الغلاف الجوى الأرضى يمكن أن يحيد عن ذلك كثيرا ، وخصوصا بالنسبة للأيونوسفير والإكسوسفير ، حيث المعلومات غير مؤكدة . بالإضافة إلى ذلك لابد من الحذر فى درجة حرارة هذه الطبقات ، لأنه نتيجة للمشوار الحر ، فإن درجة الحرارة العادية تفقد مدلولها . وما نقيسه من درجات حرارة فى هذه الحالة هو درجات حرارة الحركة التى يمكن حسابها من السرعات المتوسطة للجزيئات .

الغلاف الجوى النجمى

stellar atmosphere
atmosphère stellaire *(sf)*
Sernatmosphäre *(sf)*

هو الطبقة الخارجية الرقيقة فى النجم ، والتى يشع منها ضوءه مباشرة فى الفضاء . والطاقة التى يتم إشعاعها لا يتم إنتاجها فى هذه الأماكن وإنما فى داخل النجم ، الذى تعلو فيه كل من درجة الحرارة والكثافة إلى الحد الذى يسمح بسريان التفاعلات النووية بكميات كافية . يمثل الغلاف الجوى النجمى المحطة الأخيرة التى تحدث فيها كثير من عمليات الإمتصاص وإعادة الإشعاع ، وهى العمليات التى تعمل على نقل الإشعاع إلى الخارج . وفى أغلفة النجوم يأخذ الإشعاع خصائصه التى نجدها فى طيفه . بهذا فإننا نستطيع بطريقة عكسية الحصول على معلومات عن تركيب الغلاف الجوى النجمى الذى يشع هذا الطيف وذلك من تحليل طيف النجوم . ويتضح من تنوع طيف النجوم وجود تنوع أيضا فى تركيب الغلاف النجمى . ويعتبر هدف **نظرية أغلفة النجوم** تحديد التكوين أى الظروف الطبيعية السائدة والتركيب الكيماوى لما يناظر كل طيف من غلاف نجمى . ولا يزال العلم بعيدا عن هذا الهدف ، رغم الجهود الكبيرة التى تبذل للوصول إلى ذلك . وهذا الهدف يبدو ممكنا نظرا لأننا نرى الغلاف الجوى النجمى مباشرة ، ونبنى على هذه المعلومات معرفتنا بتركيبه .

تركيب الغلاف النجمى : يحتل الغلاف النجمى جزءا صغيرا من النجم يمكن إهمال كتلته بجانب الكتلة الكلية للنجم . كذلك فإن إمتداد الغلاف الجوى النجمى صغير جدا إذا قورن بأقطار النجوم . فمثلا يبلغ سمك غلاف ← الشمس ، أى سمك الكروموسفير والفوتوسفير مجتمعين حوالى ١٠٠٠ كم ، ولا يبلغ ذلك حتى واحد فى المائة من نصف قطر الشمس . وفى حالة فوق العمالقة فقط يقارن سمك الغلاف النجمى بنصف قطر النجم .

و أغلفة النجوم عبارة عن طبقة غازية غير متجانسة البناء . تزداد فيها الأبعاد التى تميز الحالة الطبيعية من درجة حرارة أو كثافة وبالتالى الضغط ناحية داخل النجم ؛ ويقال فى ذلك أنه يوجد طبقات من درجة الحرارة والضغط . تحدث الزيادة فى الكثافة ببطئ فى الطبقات العليا . أما فى الطبقات السفلى فتسير الزيادة بسرعة . ودرجتى الحرارة الفعالة التى تبلغ ٣٨٠٠° لنجم M5 وتبلغ ١٠٧٠٠° لنجم

AO تمثلان قيمتين متوسطتين للطبقتين السفليتين من أغلفة هذه النجوم التى ينشأ فيها الجزء الأكبر من الضوء ذى الطيف المستمر . وتسمى أحيانا أسفل طبقات الغلاف الجوى النجمى مثل الشمس بالفوتوسفير . وهذه الطبقة بدورها صغيرة جدا إذا ما قارناها بسمك الغلاف الجوى النجمى ؛ فنى حالة الشمس على سبيل المثال يبلغ سمك الفوتوسفير بضع مئات الكيلومترات فقط . وهذه الطبقة الرقيقة هى التى نعنيها عندما نتحدث عن سطح النجم . ولا يجب أن نتغافل عدم وجود فاصل حاد وواضح بين الغلاف الجوى وبقية أجزاء النجم ـ كما هو الحال فى الأرض والكواكب الأخرى ـ ؛ فكلا الجزئين على شكل غازى ويتداخلان فى بعضهما .

تختلف طبقات كل من درجة الحرارة والضغط فى داخل الغلاف الجوى النجمى من نوع نجمى إلى آخر . وتعتمد هذه الطبقات على تأثير كل من داخل النجوم والتركيب الكيماوى . وتأثير داخل النجوم ، الذى يوجد فيه غالبية كتلة النجم ، والذى تنتج فيه الطاقة التى يشعها النجم ، يعتمد بدوره من ناحية على جذب الكتلة (الجاذبيه) ومن ناحية أخرى على تيار الطاقة الدائم الذى يسرى من داخل النجم إلى خارجه .

تحاول قوى الجذب ضغط غازات الغلاف الجوى النجمى على بعضها . ويمكن تمييز شدة قوة الجذب هذه عن طريق عجلة التثاقل go على سطح النجم . تزداد عجلة التثاقل بزيادة كتلة النجم إلا أنها أيضا تقل بسرعة مع زيادة نصف قطره (← الجاذبية) . من هنا فإن للعمالقة من النجوم ، ذات الغلاف الجوى الواسع الإمتداد ، كثافة قليلة ، بينما للنجوم الأقزام غلاف جوى أكثر كثافة وأقل إمتدادا . وهناك تأثير آخر على الغلاف الجوى للنجم يأتى كما ذكرنا سابقا من الطاقة المنسابة خلال النجم . ويمكن عن طريق درجة الحرارة الفعالة تمييز كمية الطاقة التى تخرج فى كل ثانية من كل ١سم ٢ حسب قانون إشعاع ستيفان ـ بولتزمان . ويتم إنتقال الطاقة خلال الغلاف الجوى النجمى غالبا بواسطة الإشعاع ، ويقال فى ذلك أن الغلاف الجوى للنجم فى حالة تعادل إشعاعى . وحيث أنه فى الغلاف الجوى النجمى لا تختفى طاقة إشعاعية ولا تنشأ أخرى بسبب عدم وجود منابع للطاقة فإن ناتج التيار الإشعاعى يظل ثابتا . فإذا حدث أن أمتص جزء من الإشعاع فى مكان ما ، فلابد أن يتم إشعاع قدره تماما وإلا تم تسخين فى هذه المنطقة وبالتالى تغيير فى تركيبها . وعلى هذه الشروط لابد أن تتناسق درجات الحرارة والكثافة فى الطبقات المختلفة ، لأن الطاقة التى تُمتص أو تُشع من أى منطقة تعتمد على كل من درجة الحرارة والكثافة السائدين فيها . من هنا فإنه يبدو واضحا مدى تأثير التركيب الكيماوى على تركيب النجم فعلى حسب التركيب الكيماوى تتحدد قدرة إمتصاص الغاز ومعها أيضا قوة التفاعل المشترك بين الإشعاع والمادة .

وللتلخيص يمكن القول بأنه لتركيب كيماوى ما فإن مجرى كل من درجة الحرارة والكثافة يكون بحيث يحمل الضغط الكلى ، الذى يتكون من ضغط الغاز وضغط الإشعاع ، وزن الطبقات التى تعلوه وبحيث يبقى تيار الإشعاع ثابتا . وعلى ذلك تنتج مجموعات من المعالات مماثلة لما فى نظرية التركيب الداخلى للنجوم ، التى تصف طبقات الضغط ودرجة الحرارة .

الغلاف الجوى النجمى وطيف النجوم :ـ

يمكن إعطاء فكرة عامة عن كيفية تأثير الغلاف الجوى النجمى على نوع الطيف النجمى . فطيف النجم يتكون عموما من طيف مستمر . وفوقه توجد خطوط إمتصاص . وتؤثر درجة الحرارة السائدة فى الغلاف الجوى النجمى على شكل طيف الإستمرار ، فتزاح فيه قمة الطاقة الإشعاعية ناحية الموجات الأقصر كلما زادت سخونة الغلاف الجوى النجمى . ويعتمد

وجود خط الإمتصاص وشدته على كمية العنصر الذى ينتجه . وبجانب ذلك فإن شدة خط إمتصاص ما تتحدد حسب الظروف الفيزيائية السائدة ، والتى توجد فيها المادة ، المسببة لإمتصاص الخط الطيفى . فعلى سبيل المثال يحدث إمتصاص لخطوط بالمر ، وهى الخطوط الوحيدة للهيدروجين الموجودة فى النطاق البصرى من الطيف ، عندما يوجد عدد كاف من ذرات الهيدروجين فى الغلاف الجوى النجمى ، على أن تكون هذه الذرات متعادلة وفى مستوى الاثارة الأول (تتسبب ذرات الهيدروجين المتعادلة الموجودة فى مستوى الخمود فى إمتصاص خطوط ليمان فى النطاق فوق البنفسجى فقط ؛ أما الهيدروجين المتأين فلا يتسبب فى ظهور أى خط إمتصاص) . أى أنه بجانب التركيب الكيماوى فإن درجة الاثارة والتأين يحددان ما يظهر من خطوط طيفية وكذلك شدتها . وكلا الدرجتين تزدادان مع درجة الحرارة . وتعتمد درجة التأين بالاضافة إلى ذلك على الكثافة (وبالتالى الضغط) فى الغلاف الجوى النجمى . فكلما إنخفضت الكثافة تنخفض كذلك كثافة الإليكترونات ، حيث ينتج عن ذلك عدد قليل من الاليكترونات الحرة لا تكفى لإعادة الإتحاد وبذا تزداد درجة التأين (← التأين) . بهذا يتضح الإختلافات فى الطيف الخطى بين العمالقة والأقزام من النجوم ذات درجة الحرارة المتساوية (← النوع الطيفى ، شكل هرتز سبرنج ـ رسل) . ففى جو نجم عملاق نجد الكثافة أقل مما هى عليه فى نجم قزم ، ولهذا فإن درجة التأين أكبر فى الأول ، عند تساوى درجة الحرارة فى الإثنين . وختاما فإن شكل خط الإمتصاص أيضا ، أى كنتور الخط ، يعتمد على الظروف الفيزيائية السائدة فى الغلاف النجمى . وخطوط الإمتصاص ليست حادة جدا وإنما يغطى كل منها منطقة من الموجات فى ← الطيف . وهذا الإستعراض الخطى له أسباب مختلفة ، أو عوامل مختلفة تعمل على زيادة عرض الخطوط الطيفية .

وأوضح تأثير هو ما تسببه ← ظاهرة دوبلر الحرارية . فإشعاع مركز الخط تمتصه جسيمات الغلاف الجوى ، التى ليس لها آية سرعات خطية . ولما كانت الجسيمات تقوم بحركات حرارية غير منتظمة فإنها تمتص الضوء جزئيا فى موجات أقل أو أكثر قليلا من منتصف الخط الطيفى . وتكون النتيجة زيادة فى عرض الخط الطيفى تعلو قيمتها كلما إرتفعت درجة الحرارة . لأنه بذلك تزداد أيضا سرعة الجسيمات التى تمتص الإشعاع ؛ ولما كان عدد الإصطدامات يزداد بزيادة الكثافة فإننا نتوقع وجود خطوط أعرض فى الغلاف الجوى الأكثف والأسخن من الخطوط التى تنتج فى الغلاف الجوى الأبرد والأقل كثافة . أيضا فإنه نتيجة لدوران نجم ما يزداد عرض الخطوط الطيفية وذلك لحدوث إزاحة بنفسجية عند جانب النجم الذى يقترب منا ، بينما تحدث إزاحة حمراء عند الجانب المبتعد عنا حسب ظاهرة دوبلر . وكلا الازاحتين تتجمعان معا فى خط طيفى عريض .

وليست الظروف ، على آية حال ، بهذه البساطة التى وصفناها . فالضوء الذى تم إشعاعه من الغلاف الجوى النجمى ينتج من طبقات مختلفة العمق . ولما كانت هناك طبقات مختلفة من كل من درجة الحرارة والضغط ، فإن هذا الإشعاع ينشأ فى ظروف فيزيائية عديدة . ينطبق هذا على وجه الخصوص بالنسبة للإشعاع ذى الموجات المختلفة . ويتحدد العمق الذى ينشأ فيه إشعاع الموجات المختلفة حسب كفاءة إمتصاص الغازات . وهذه الكفاءة تتغير بدورها حسب طول الموجه . فالضوء ذو الموجه التى يكون معامل إمتصاصها صغيرا يمكن أن يصل إلى الخارج من طبقات أعمق ، لأن قليل جدا منه فقط يتم إمتصاصه فى الطبقات العليا . وما ينتج فى الطبقات العميقة من إشعاع فى موجات معامل إمتصاص غازات الطبقات العليا لها كبير ، يُمتص فى هذه الطبقات من الغلاف الجوى . أما ما نراه من ضوء فى

هذه الموجات فقد نشأ فقط فى طبقات الغلاف الجوى العليا الأكثر برودة . وبصورة مختصرة فإننا نعبر عن هذه الحقيقة كالآتى : فى نطاق طيفى ما ، يكون فيه معامل الإمتصاص صغير ، يمكننا أن نطل فى طبقات أعمق وأسخن من الغلاف الجوى النجمى عما نستطيع رؤيته فى نطاق طيفى معامل إمتصاصه كبير . يتحدد معامل الإمتصاص من غاز الغلاف الجوى النجمى من التركيب الكيماوى . ويمكن حساب هذا المعامل من ثوابت الفيزياء الذرية ، التى لا تزال غير معروفة أو معروفة بدقة غير كافية . وغالبا ما يتم تقسيم هذا المعامل إلى معامل إمتصاص مستمر ومعامل إمتصاص خطى . فالمعامل المستمر يصف كفاءة إمتصاص الغاز بالنسبة للطيف المستمر . ويتغير بدرجة قليلة مع طول الموجة بصرف النظر عن القفزات عند حدود بعض الخطوط والإنتقالات من مستويات الطاقة المقيدة إلى المستويات الحرة أو من المستويات الحرة إلى المستويات الحرة (← الطيف ، ← تركيب الذرة) من المعادن والهيدروجين والهليوم وأيون الهيدروجين السالب ، تضيف إلى الإمتصاص المستمر . وفى الغلاف الجوى لفوق العمالقة الساخنة يدخل فى ذلك أيضا جزء ينتج من التشتت على الإليكترونات الطليقة . أما معامل الإمتصاص الخطى فيصف كفاءة إمتصاص الغاز للضوء من النطاقات الطيفية للخط الطيفى . وهذا المعامل يبلغ أكبر قيمة له فى وسط الخط الطيفى وتقل هذه القيمة بشدة فى أجنحة الخط . أما ما يزال يشاهد من بقايا ضوء فى وسط الخط الطيفى فإنه ينشأ لذلك من طبقات أكثر إرتفاعا عن مناطق ما يجاورها من طيف مستمر . وتنتج الإمتصاصات الخطية عند إنتقال إليكترون من مستوى طاقة مقيد إلى مستوى مقيد آخر فى الذرة (← تركيب الذرة ، ← الطيف) . وتبعا لإعادة إشعاع الطاقة التى سبق إمتصاصها فإننا نميز بين حالتين : ففى التشتت التام يُمتص الضوء من الأشعة المتجهة إلى الخارج ثم يتم إشعاعه ثانية فى نفس الطول الموجى ولكن فى جميع الإتجاهات . أى أن جزء من الضوء فقط يتجه ناحية الخارج ، أما الباقى فيدخل ثانية إلى الغلاف الجوى النجمى . وعلى النقيض من ذلك فإن الطاقة التى يتم إمتصاصها فى الامتصاص التام تتوزع عن طريق الإصطدام على جسيمات أخرى ثم يتم إشعاعها بعد ذلك فى الطيف المستمر وفى جميع الإتجاهات . وفى كلا الحالتين تنشأ خطوط إمتصاص لأن الاشعاع المتجهة إلى الخارج ينقصه ضوء هذه الخطوط . وعلى الرغم من ذلك فإن خواص الخطوط متباينة جدا :

إن تعليل طيف النجوم معقد أساسا لأن الأغلفة الجوية للنجوم لا توجد فى حالة تعادل حرارى . يتضح ذلك من توزيع الطاقة فى الطيف ومن ظهور خطوط الإمتصاص فى طيف النجوم . يبعث الجسم الموجود فى حالة إتزان حرارى بطيف تام الإستمرار ، يناظر فيه توزيع الطاقة ما تعطيه قوانين بلانك للإشعاع . وتلك هى الحالة التى نجدها بالتقريب فى طيف النجوم عند الموجات الطوال . وبصورة خاصة فإن الحيود عن هذا القانون الإشعاعى كبير فى نطاق الموجات المتناهية فى القصر ، التى لا يمكننا رؤيتها من الأرض وذلك بسبب عدم نفاذية غلافها الجوى لمثل هذه الموجات القصيرة ؛ ويمكن فقط عن طريق الصواريخ والأقمار الصناعية تصوير هذا الجزء من الطيف . مثل هذه الموجات القصيرة تنشأ فى الغالب من الطبقات العليا فى الغلاف الجوى النجمى ، أى أن الإختلاف عن حالة التعادل الحرارى هنا أكبر عما هو عليه فى الطبقات الأكثر عمقا . ويتضح هذا الإختلاف أيضا من عدم إمكانية إعطاء ← درجة حرارة موحدة مثلما هو الحال عند وجود تعادل حرارى . ودرجة الحرارة الفعالة التى يتم حسابها من الإشعاع النجمى لا تتفق ، على سبيل المثال ، مع درجة الحرارة التى تنتج من السرعات المتوسطة للجسيمات . كما أن هناك قيما أخرى لكل من درجتى

حرارة التأين والإثارة اللتان تنتجان من كل من درجتى التأين والاثارة ، الممكن إستنتاجها من خطوط الطيف . وفى هذا الشأن لم تتفق ولو لمرة واحدة درجات الحرارة التى تم تعينها من عناصر كيماوية مختلفة .

مما يؤثر أيضا على الطيف وخصوصا على كنتورات خطوط الإمتصاص وجود إضطرابات فى الغلاف النجمى . ويوضح ضرورة أخذ ذلك فى الاعتبار ما نراه من تحبب فوتوسفير الشمس . وعند وجود تيارات حمل فإن إنتقال الطاقة لا يتم كله بالإشعاع . فى هذه الحالة يوجد فى نفس الطبقة مادة ساخنة صاعدة ومادة باردة هابطة بجانب بعضها .

حساب التركيب :ـ إن ما ذُكر من صعوبات مايزال فى غير نطاق سيطرتنا . وبصرف النظر عن ذلك توجد صعوبات أخرى ، إذا أردنا ، كما تهدف نظرية الغلاف الجوى النجمى ، حساب البناء الفيزيائى والتركيب الكيماوى للعناصر الكيماوية من أرصاد الطيف النجمى . ولا يمكن حساب أى من العاملين المذكورين بدون الإعتماد على الآخر مثلما يتضح مما ذكر عن تركيب الغلاف النجمى . ويمكن حساب الحالات الفيزيائية ، أى مسار كل من درجة الحرارة والكثافة وذلك عندما نعرف التركيب الكيماوى ، لأن هذا يحدد التفاعل المشترك بين المادة والإشعاع . ومن ناحية أخرى فإنه يمكن فقط إستخراج التركيب الكيماوى من شدة الخطوط الطيفية ، إذا علمنا الظروف الطبيعية الموجودة فيها المادة التى تتسبب فى الخطوط الطيفية . أى أنه ليس من الممكن إعطاء حل تام لهذه المشكلة . من هنا لابد لنا من الرجوع إلى الطرق التقريبية والمملة فى نفس الوقت . وكتقريب أولى يجرى تحليل مبدئى . ولهذا الغرض يفترض أن الغلاف النجمى متجانس التركيب فى جميع مواضعه وتسود فيه نفس درجة الحرارة والضغط فى كل مكان . ويتم إستخراج القيم المتوسطة المناسبة لكل من الضغط ودرجة الحرارة بواسطة الطيف النجمى . بعد ذلك يمكن إستنتاج التركيب الكيماوى من شدة الخطوط الطيفية . وقد إتضح أن القيم التى نحصل عليها بهذه الطريقة تمثل قيما تقارب من الحقيقة جيدا . ومن هنا فإننا نقتصر فى كثير من الدراسات على التحليلات الأولية فقط . أما إذا كنا فى حاجة إلى دقة أكبر ، فإن ذلك يستدعى إجراء تحليل دقيق . ولهذا الغرض فإن نتائج التحليل المبدئى تشمل الأساس للتركيب الكيماوى فى الغلاف الجوى النجمى وكذلك قيمة تقريبية لعجلة التثاقل ؛ وعلى ذلك يمكننا حساب مجرى كل من درجة الحرارة والكثافة . بعد ذلك تظل التحسينات تجرى على القيم الناتجة إلى أن نحصل على ثبات فى تيار الطاقة الكلى ، أى التيار الإشعاعى مضافا إليه الطاقة التى تنتقل عن طريق تيارات الحمل إلى الخارج . وإذا ما حسبنا شدة وكنتورات الخطوط الطيفية التى تنتج من نماذج الأغلفة النجومية هذه ، فإننا نجد إختلافات عن الطيف الموجود . وعن طريق تغيير قيم كل من التركيب الكيماوى ودرجة الحرارة وعجلة التثاقل فإنه لابد أن تقل الإختلافات بالتدريج . وبقدر زيادة أهمية هذه التحليلات الدقيقة يزداد المجهود فى آدائها بحيث نضطر إلى الإكتفاء بتطبيق الطريقة فقط على بضع أغلفة نجومية .

يتضح من التحليلات التى أجريت حتى الآن على أطياف النجوم ، أن التركيب الكيماوى لنجوم نفس الجمهرة متشابه جدا ، إلا أنه توجد إختلافات كبيرة بين نجوم الجمهرات المختلفة (← شيوع العناصر) . ومن حساب تركيب أغلفة النجوم تتضح إمكانية تحديد الإشعاع فى المناطق الطيفية المختلفة التى لا تصلها الأرصاد بسبب درجة النفاذية المحدودة للغلاف الجوى الأرضى . وترى نتائج مثل هذه الحسابات ممثلة فى الشكل . ومن الشكل يتضح درجة عظم الإختلاف عن المنحنى المتصل لقانون بلانك الاشعاعى وخصوصا فى المنطقة فوق البنفسجية ، أى المنطقة من الطيف التى تلى النطاق

توزيع شدة الإضاءه كما حسبها ترافنج لنموذج غلاف نجم BOV درجة حرارته الفعاله ٣٢٨٠٠°ك . ويوضح المنحنى المشرط (...) مسار شدة الإضاءه لنفس درجة الحراره حسب قانون بلانك . والمنطقة المظلله تدل على النطاق البصرى .

البصرى . ومن الخصائص المميزة ظهور قفزات عند حدود سلاسل الخطوط ، على سبيل المثال عند حدود سلسلة بالمر بجوار الطول الموجى ٣٦٥٠ أنجشتروم وعند حدود سلسلة ليمان بجوار الطول الموجى ٩١٢ أنجشتروم .

إن حساب الغلاف الجوى للشمس أكثر بساطة إذ نستطيع دراسة الإشعاع الصادر من كل جزء من أجزاء قرص الشمس على حده ، بينما نشاهد فقط إشعاعا متوسطا للنجوم الأخرى النقطية الشكل . ونلاحظ على قرص الشمس وجود إنخفاض فى اللمعان ناحية الحافة ، عتامة الحافة . وليس هذا إلا نتيجة لطبقية درجة الحرارة فى الفوتوسفير (← الشمس) . من هنا فإنه من الممكن حساب طبقات درجة الحرارة ، أى تركيب الفوتوسفير ، من أرصاد عتامة الحافة . بهذه الطريقة فإننا نكون فى حل من التداخل بين البناء الطبيعى من جهة وبين التركيب الكيماوى من جهة أخرى ، كما تكون فى وضع أكثر مناسبة للدراسة والتحليل . وهناك ظروف طبيعية مناسبة ومشابهة لذلك فقط فى حالة ← المتغيرات الكسوفية . وجو الشمس به تغييرات غير مريحة بالنسبة لصورة تركيب أغلفة النجوم : حيث توجد تيارات حمل ، أى تسخين فوق عادى فى الطبقات العليا من الغلاف الجوى وإضرابات قصيرة االعمر مثل الإنفجارات .... الخ . وهذه الإضطرابات ممكنة الحدوث أساسا فى حالة النجوم الباردة نسبيا وذات النوع الطيفى المتأخر ، التى لم تدرس حتى الآن بسبب صعوبات كبيرة .

الغلاف الجوى النجمى فى حالة نجوم خطوط الانبعاث :ـ على حسب الخصائص الكثيرة فى الطيف ، لابد أيضا من وجود خصائص كثيرة ، فى تركيب الأغلفة الجوية للنجوم ، لم تتضمنها حتى الآن النماذج التى شرحت سابقا . وبالنظر إلى الكثير من الصعوبات التى تواجهنا فى دراسة النجوم العادية نجد أنه ليس من العجيب فى شيء أننا لا نعرف الكثير حتى اليوم عن النجوم غير العادية . وعموما فإننا نكون سعداء إذا وجدنا تعليلا كيفيا لطريقة حدوث الإختلافات . ومن الخصائص الكثيرة نتحدث فقط وبإختصار عن النجوم ذات خطوط الإنبعاث اللامعة فى طيفها . ومن هذه تنتقى النجوم الساخنة ذات النوع الطيفى المتقدم وهى الأسهل فى معالجتها . فى هذه النجوم الساخنة ذات الخطوط الإنبعاثية يمكن التمييز بين ثلاثة مجموعات : وولف ـ رايت ، والمتغيرات الشبيهة بالنوفا (النجوم الجديدة) ، والتى تسمى أحيانا نجوم P ـ الدجاجة ونجوم B_e . ولهذه النجوم غلاف جوى عظيم الإمتداد وغير مستقر بل يتجدد بإستمرار . أى أن الغلاف الجوى يتكون من تيار مادى له كثافة منخفضة يسرى من النجم إلى فراغ ما بين النجوم . وتقدر سرعة المادة الخارجة من النجم فى حالة نجوم وولف ـ رايت بحوالى ١٠٠٠ كم/ث ، وفى حالة نجوم P ـ الدجاجة (سيجنى) حوالى ١٠٠كم/ث . والظروف الفيزيائية فى هذه الأغلفة النجومية تشابه ما عليها فى حالة السدم

الكوكبية ، التى لها أيضا طيف إنبعاث خطى . تنشأ خطوط الإنبعاث من إمتصاص الاشعاع فوق البنفسجى المنبعث من النجم فى الغلاف الجوى ، ثم يستهلك هذا الإشعاع للإثارة أو التأين وبعد ذلك يعاد إشعاعه تحت ظروف خاصة على مراحل متتابعة . فى أثناء ذلك تنشأ سلسلة من خطوط الإنبعاث ، التى يمكننا مشاهدتها فى الطيف . تسمى هذه العملية بالتزهر . ويمكن إرجاع كثير من الإختلافات فى أطياف المجموعات الثلاثة من نجوم خطوط الإنبعاث إلى الكثافات المختلفة فى الأغلفة الجوية . ففى كل من نجوم وولف ـ رايت ونجوم P ـ سيجنى نجد أن التيار المادى كثيف لدرجة أن كل الطيف ، أى خطوط الإنبعاث والطيف المستمر تنشأ ، فى هذا التيار المادى . أما التيار المادى فى حالة نجوم Be فكثافة أقل بكثير . ويمكن تخيل الأجزاء الخارجية من هذه النجوم مكونة من غلاف جوى عادى ينشأ فيه كل من الطيف المستمر وطيف الإمتصاص الخطى . وفوق هذا الغلاف هالة رقيقة ضوئيا تنشأ فيها خطوط الإنبعاث خلال عملية التزهر .

الغول

Algol *(A)*

هو النجم بيتا فى كوكبة فرساوس (برشاوش) . والغول هو نجم نمطى لمجموعة من ← المتغيرات الكسوفية ، التى تعرف بإسم **نجوم الغول** . وهذا النجم عبارة عن عدة نجوم . ويأتى التغيير الضوئى نتيجة إخفاء متبادل لنجمين نوع أحدهما الطيفى B8 ونوع الآخر K ، وكلا النجمين ينتميان إلى نوع القوة الإشعاعية V . وللنجمين فترة دوران طولها ٢٫٨٦٧ يوما . ويدور حول هذين النجمين نجم ثالث F2 مرة كل ١٫٨٧٣ سنة . ومن المحتمل أيضا أن يضم هذا النظام نجما رابعا . يبلغ اللمعان الظاهرى الكلى للغول فى نهايته العظمى القدر ٢٫٢ . ويبعد نجم الغول عنا بحوالى ٣١ بارسك أى ١٠٠ سنة ضوئية .

ف

فائض اللون

color excess
excés de couleur *(sm)*
Farbexzess *(sm)*

هو مقياس لتلوين نجم ما ، ← المعامل اللونى .

الفارس الصغير

alcor
Alcor
Alcor, Reiterlein *(sn)*

هو نجم السهى فى كوكبة ← الدب الأكبر .

فاصل إنكى

Enke's dirission
division d'Enke *(sf)*
Enkesche Teilung *(sf)*

فراغ بين حلقات ← زحل .

فاصل كاسينى

Cassini's divission
division de Cassini *(sf)*
Cassinische Teilung *(sf)*

فراغ بين حلقات ← زحل .

الفتيل

Filament
filament *(sm)*
Filament *(sn)*

رمز للأشكال الطبيعية الممتدة يستعمل كثيرا فى الفلك وعلى وجه الخصوص لوصف :

(١) شكل السدم المضيئة من مادة ما بين النجوم .

(٢) ← الزغب الشمسى (عندما يشاهد على صور الكروموسفير كخطوط قاتمة .

الفجوات الخالية من النجوم

star free zones
régions d'absence *(pf)*
Sternlücke *(pf)*

هى مناطق داخل سكة التبانه تتميز بوجود عدد قليل من النجوم فى وحدة المساحة على الكرة السماوية ؛ وينتج هذا التمويه فى الغالب بفعل السحب القائمة من مادة ما بين النجوم الترابية ، التى تمتص الضوء بدرجة لا تمكننا من تمييز ما ورائها من نجوم .

فجوة هرتز سبرنج

hertzsprung gap
lacune de Hertzsprung *(sf)*
Hertzsprung Llücke *(sf)*

هى منطقة فى ← شكل هرتز سبرنج ــ رسل يقل فيها عدد النجوم بصورة واضحة .

فخذ الدب

Phecda *(A)*

هو النجم α فى كوكبة ← الدب الأكبر .

فراونهوفر

Fraunhofer

هو الفلكى الفيزيائى الألمانى يوسف فون فراونهوفر المولود بتاريخ ٦ مارس ١٣٨٧ فى ستراوبنج والمتوفى بتاريخ ٧ يونيو ١٨٢٦ فى ميونيخ ، منذ ١٨٢٣ أستاذا فى ميونيخ . وقد عمل فراونهوفر أساسا فى مجال الضوء وحدد طول الموجه الضوئية بواسطة المحزوزات المفرقة وقام ببعض التحاليل الطيفية . وبالنسبة للفلك فإن تحسينات فراونهوفر للمنظار ذات أهمية وكذلك دراساته عن خطوط الإمتصاص فى طيف الشمس (خطوط فراونهوفر) .

فرساوس أو حامل رأس الغول

Perseus, Per *(L)*

هو إحدى كوكبات نصف الكرة الشمالى التى تشاهد عالية فى السماء فى خطوط عرضنا فى ليالى الشتاء . والنجم β فرساوس ، الذى يسمى بالغول يعد أنموذجا نمطيا لمجموعة من المتغيرات ، نجوم الغول . وتمر سكة التبانه خلال كوكبة فرساوس . وفى هذه الكوكبة يوجد كل من الحشدين النجمين h (هى) ، χ (شى) اللتان نشاهدهما أيضا بالعين المجردة (اللوحة ١٢) . كما يمكن رؤية الحشد M34 بنظارة ميدان .

الفرساوسيات

persids
persids *(pm)*
Persiden *(pm)*

← تيار شهبى .

الفرس الأصغر أو قطعة الفرس

Equuleus, Equ *(L)*
Colt
petit cheval
kleines Pherd *(sn)*

كوكبة صغيرة فى منطقة خط الإستواء السماوى نشاهدها فى ليالى الخريف .

الفرس الأعظم

Pegaseus, Peg *(L)*
Wingedhorse
pégase *(sm)*
Pegaseus

كوكبة واسعة إلى الشمالى من خط الإستواء نراها فى ليالى الخريف .

الفرض

Alphard *(A)*

ألمع نجم (α) فى كوكبة الشجاع . ولهذا النجم لمعان بصرى من القدر ١ و ٢ وينتمى إلى نوع القوة الإشعاعية III والنوع الطيفى K4 وتبلغ المسافه بيننا وبين هذا النجم ٣٥ بارسك أى ١١٥ سنة ضوئية .

فرض التجانس

homogenity postulate
postulat d'Homogénéite *(sm)*
Homogenitäts postulat *(sn)*

← الكسمولوجى

فرع العمالقة

giant branch
branche du géant *(sf)*
Riesenast *(sm)*

منطقة فى ← شكل هرتز سبرنج ـ رسل توجد بها النجوم العمالقة .

الفرغانى

Alfraganus *(A)*

هو محمد بن قطير الفرغانى الذى عاش حوالى عام ٨٤٠ وسمى بإسم بلدته فرغانه (بوسط آسيا) . وهو مؤلف «مبادئ علم الفلك والتوقيت» الذى إتبع فيه بطليموس وفاقه فى دقة ما إستعمله من قياسات مدرسة المأمون . كما أضاف الفرغانى إلى هذا الكتاب بعض التخيلات الفلكية . وقد ترجم الكتاب المذكور إلى اللاتينية فى القرن الثانى عشر فساهم فى نهضة العلم فى أوروبا ، وإستقى منه دانتى معظم معلوماته الفلكية . وتقديرا للفرغانى تم إطلاق إسمه على إحدى مناطق الجانب الآخر من سطح القمر .

الفرقعة الكبرى

big - bang
big - bang
big Bang, Urknall *(sm)*

← الكسمولوجى

الفرن

oven
fõrneaux *(sm)*
Ofen *(sm)*

كوكبة ← الكور .

الفرن الكيماوى

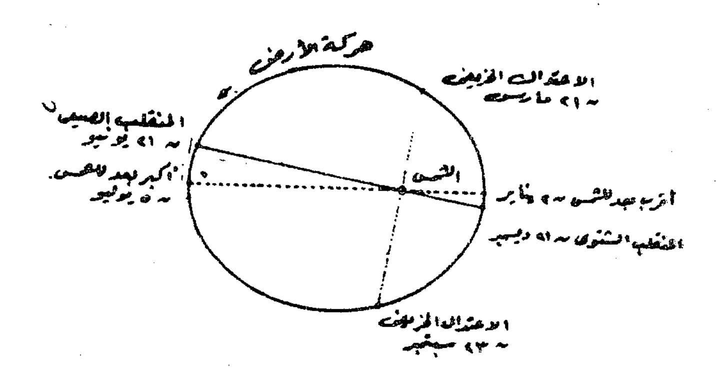
Fornax, For *(L)*
chemical oven
fõrneaux chimique *(sm)*
chemischer Ofen *(sm)*

إحدى كوكبات نصف الكرة الجنوبى التى نشاهدها فوق الأفق فى ليالى الشتاء .

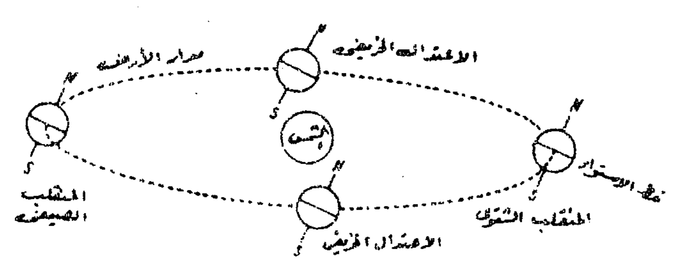
فصول السنة

seasons
saisons *(pj)*
Jahreszeiten *(pf)*

هى الفترات الزمنية بين وقت إعتدال ربيعى أو خريفى وبين كل من الإنقلاب الصيفى أو الشتوى وتختلف فترة فصول السنة المختلفة مع الزمن بعض الشىء وذلك بسبب السبق ودوران خط الأوج والحضيض ، اللذان يؤديان إلى إزاحة نقطتى الإعتدال بالنسبة لنقطتى الانقلاب . وفى الوقت الحاضر نجد أن **الربيع الفلكى** (من الإعتدال الربيعى حتى الانقلاب الصيفى أى من حوالى ٢١ مارس حتى ٢ يونيو) يشمل ٩٠ يوما و١٩ ساعة . **والصيف الفلكى** (من الانقلاب الصيفى حتى الإعتدال الخريفى



١ وضع خطى الأوج والحضيض لمدار الأرض حول الشمس وكذلك خط الإعتدالين (—) بالنسبه لبعضها . وتعطى التواريخ الزمن التقريبى الذى تتواجد فيه الشمس فى المكان المحدد.



٢ وضع محور دوران وخط إستواء الأرض بالنسبه لمستوى مدار الأرض عند بداية الفصول المختلفة .

أى من ٢١ يونية حتى ٢٣ سبتمبر) يمتد بطول ٩٣ يوما ، ١٥ ساعة . **والخريف الفلكي** (من الاعتدال الخريفي حتى الإنقلاب الشتوى ، أى من ٢٣ سبتمبر حتى ٢١ ديسمبر) يستمر ٨٩ يوما ، ٢٠ ساعة . **والشتاء الفلكي** (من الانقلاب الشتوى حتى الإعتدال الربيعى ، أى من ٢١ ديسمبر حتى ٢١ مارس) يستغرق ٨٩ يوما فقط . وينتج الإختلاف الفلكي فى أطوال فصول السنة من الحركة غير المتتظمة للأرض فى مدارها حول الشمس ؛ ففى أثناء قربها من الشمس تدور الأرض بسرعة أكبر عنها فى أبعد مكان لها عن الشمس . كذلك فإن عدم إنطباق القطر الأكبر لمدار الأرض مع الخط الواصل بين الانقلابين ، يسبب إختلافات فى متوسط سرعة الأرض فى مدراها على مر السنين (يمكن أن يختلف تاريخ بداية السنة الفلكية بيوم واحد : فالسنة التقويمية طولها ٣٦٥ يوما بينما طولها فى السنين الكبيسة ٣٦٦ يوما هذا فى الوقت الذى لا يعتمد فيه مرور الشمس بنقطة الربيع ، مثلا ، على تقويمنا) .

وتأتى الإختلافات الطقسية فى الفصول المختلفة إلى أن مستوى الإستواء الأرضى ذى الوضع الثابت فى الكون يميل على مستوى مدار الأرض حول الشمس بحوالى ٢٣٫٥ . ففى أثناء الربيع والصيف الفلكيين تواجه الشمس نصف الكرة الأرضية الشمالى ، بينما فى أثناء الخريف والشتاء يكون نصف الكرة الأرضية الجنوبى فى هذا الوضع . وبالإضافة إلى ميل الأشعة الساقطة من الشمس ـ فى الربيع والصيف تسقط أشعة الشمس بميل أكبر على نصف الكرة الأرضية الجنوبى ـ فإن إختلاف فترة الاشعاع الشمسى اليومى فى فصول السنة المختلفة يتسبب أيضا فى إختلافات طقسية .

الفضاء

space
espace *(sm)*
Weltraum *(sm)*

(١) تماما مثل ← الكون ؛ (٢) ما فوق الغلاف الجوى الأرضى .

فضائى

astro
astre
stern

موجود فى الفضاء الخارجى أو منسوب إليه .

الفلطحة

oblatness, flattening
aplatissement *(sm)*
Abplattung *(sf)*

هى إختلاف شكل الجرم السماوى عن الشكل الكروى . ويعبر عن الفلطحة بالفرق بين أنصاف الأقطار الإستوائية والقطبية مقسوما على نصف القطر الاستوائى . وعن فلطحة الكواكب ؛ ← كوكب .

فلك الأشعة تحت الحمراء

infrared astronomy
inforauge astronomie *(sf)*
Infrarotastronomie *(sf)*

مجال جديد من مجالات الفلك يهتم بالبحث فيما ينبعث من الأجسام السماوية من إشعاع فى المنطقة تحت الحمراء من الطيف ، أى فى المنطقة من ٨٠٠٠

إلى ٢٥٠٠٠٠ أنجشتروم (٨ر٠ إلى ٢٥ ميكرون). وتنشأ صعوبات الرصد من ندرة وجود المستقبلات الحساسة فى هذا النطاق. وعموما تستخدم خلايا كبريتات الرصاص، لأن الألواح الفوتوغرافية ذات حساسية فقط بدرجة كافية حتى ٩٠٠٠ أنجشتروم. كذلك تستخدم أنصاف الموصلات الكهربائية التى تحول الشعاع الملتقط إلى إشارات كهربية مباشرة. وهناك صعوبة أخرى تتمثل فى جو الأرض الذى ينفذ فى نطاق تحت الأحمر بطريقة جزئية فقط، ويلعب فيها إمتصاص بخار الماء وثانى أكسيد الكربون دورا كبيرا. ويمكن التغلب على هذا المانع بتأثيث محطات أرصاد فوق الجبال العالية ذات الطقس الجاف أو إطلاق أجهزة مع البالونات إلى إرتفاع من ٣٠ إلى ٤٠ كم فوق سطح الأرض.

وتعتبر **كنجوم تحت حمراء أو منابع تحت حمراء** تلك الأجسام التى تكتشف بواسطة جهاز حساس فى المنطقة تحت الحمراء من الطيف والتى تحتوى أكثر من ٩٠٪ من إشعاعها فى النطاق تحت الأحمر. وهذه المنابع تضم مجموعة مختلفة من النجوم. فهى مثلا تشمل نجوما من الطرف الأسفل للتتابع الرئيسى أى نجوما باردة جدا، وكذلك نجوما مازالت فى مرحلة الإنكماش ولم تصل التتابع الرئيسى بعد وأيضا نجوم الأعجوبة أثناء حضيضها الضوئى. وقد يكون نجم تحت أحمر من النجوم العادية جدا ولكنه تأثر فقط بالإمتصاص الكبير فى مادة ما بين النجوم أو عانى من الإحمرار بفعل المادة الترابية الموجودة حوله. وكمنابع تحت حمراء تعتبر نوى سلسلة من المجموعات النجومية الخارجية وأشباه النجوم من الراديويات. وكما توجد فى مركز الطريق اللبنى مثل هذه المنابع تحت الحمراء التى يبلغ قطرها فقط ١٠ بارسك.

إن درجة حرارة المنابع تحت الحمراء منخفضة جدا. فمثلا تبلغ درجة حرارة الجسم NML الدجاجة (الحروف الأولى من أسماء مكتشفيه) ٧٠٠ إلى ٨٠٠ درجة مطلقة وقد حددت درجة حرارة منبع فى كوكبة الجبار تبعا لتوزيع شدة الطيف فيه فوجدت ١٥٠ درجة مطلقة. ولكن نظرا لإتساع هذا الجسم جدا فإن ما ينتج من طاقة تبلغ مئات الآلاف مثل قوة إشعاع الشمس. وأكثر الإحتمالات تدل على أن هذه الأجسام عبارة عن سحب بين نجمية كبيرة بها عدد كبير من النجوم الأولية تعمل على تسخينها. أما المنبع NML الدجاجة فيشاهد فيه ما يمكن أن يكون نجما واحدا فى طور النشوء.

فلك أشعة جاما

gama astronomg
gama astronomie *(sf)*
Gamaastronomie

هو ← فلك رونتجن.

فلك البالونات

ballon astronomy
ballon astronomie *(sf)*
Ballonastronomie *(sf)*

أحد فروع الفلك العملية؛ ويهتم فلك البالونات بإجراء الأرصاد الفلكية بإستخدام البالونات العالية. فترتفع الأجهزة إلى بعد حوالى من ٣٠ إلى ٤٥ كم أى فوق ٩٩ إلى ٩ر٩٩٪ من الغلاف الجوى الأرضى على التوالى. وفى هذه الحالة لا تتأثر الأرصاد **بالتألق**. وبالاضافة إلى ذلك فإن **الإستبعاد** فى جو الأرض يصبح قليلا جدا. وهناك ميزة أساسية لهذه الأرصاد وهى أن الحيز الطيفى الممكن رصده يزداد فيصل للموجات فوق البنفسجية ذات الموجات الأقل ٢٠٠٠ أنجشتروم وكذلك للموجات الأطول من تحت الأحمر. وحتى الآن إهتمت أرصاد فلك البالونات بأرصاد الشمس والكواكب ولو أنه قد تم أيضا إجراء فحوص لطيف بعض النجوم.

الفلك الراديوى

radioastronomy
radioastronomie *(sf)*
Radioastronomie *(sf)*

هو أحد مجالات علم الفلك، ويهتم بدراسة ما يصلنا من الكون من ← أشعة راديوية، تصل إلى

،درص بطول موجى من ١ مم إلى ٢٠م . ويشمل ذلك ما ينبعث من كل من الشمس والقمر والكواكب . والإشعاع الذى يصلنا من جميع أنحاء السماء ، وخصوصا من سكة التبانه وكذلك إشعاع ← المنابع الراديوية الضيقة ومنها المنابع الراديوية الشبيهة بالنجوم و ← البلسار اللذان تم إكتشافهما حديثا ونالا أهمية كبيرة . وطيف الإشعاع الراديوى عموما مستمر ، وإن كانت مادة ما بين النجوم يمكنها أن تمتص أو تبعث بخطوط فى النطاق الراديوى . من هنا فإن ما ينبعث من الهيدروجين المتعادل فى مادة ما بين النجوم بطول موجى قدره ٢١سم له أهمية خاصة (← غاز ما بين النجوم) .

وفى ← طريقة الصدى الراديوى ترسل المحطات الأرضية موجات راديوية ثم يتم رصد إنعكاسها على أجسام المجموعة الشمسية وكذلك على النيازك .

تختلف ← الأجهزة الراديوية كثيرا عن الأجهزة البصرية . ففى الأولى تستخدم مجموعات من هوائيات عديدة أو مناظير راديوية سطحها العاكس مصنوع . من صفحات معدنية أو شبكات سلكية . ويتطلب كبر طول الموجه الراديوية أن تكون أجهزة الإستقبال كبيرة جدا ، وذلك إذا أردنا تفريقا للمنابع الإشعاعية يصل إلى بضع درجات . وفى التحديد الدقيق لأماكن المنابع الراديوية تستخدم مجموعات تداخل .

أتاح تطور الفلك الراديوى إمكانيات جديدة تماما للفلك . وحيث أن ما يأتينا من إشعاع هو الشىء الذى يعطينا معلومات عن الأجسام الغير أرضية ، فإنه من المهم جدا بالطبيعة معرفة هذا الإشعاع وبقدر الإمكان فى نطاق طيفى كبير . ينشأ الإشعاع فى النطاق البصرى غالبا من النجوم بينما يأتى جزء كبير من الإشعاع الراديوى من فراغ ما بين النجوم . لذلك يمكن بواسطة الفلك الراديوى الحصول على معلومات عن المادة المتناثرة بين النجوم ، والتى لا يمكن الوصول إليها نهائيا أو على الأقل مباشرة بواسطة المساعدات البصرية . وهناك ميزة كبيرة أخرى تتمثل فى إمكانية عبور الإشعاع الراديوى لتلك المناطق التى تمتص فيها الموجات القصيرة بواسطة غبار ما بين النجوم . ويبدو ذلك على وجه الخصوص مناسبا لدراسة الأجزاء البعيدة من ← مجموعة سكة التبانه ، لأن ما يأتينا من إشعاعها البصرى تمتصه السحب الداكنة ، مخفية وراءها هذه الأجزاء . ومن الممكن علاوة على ذلك فى النطاق الراديوى رصد أجسام بعيدة جدا ، بدرجة يصعب معها الرصد البصرى . أى أن الفلك الراديوى عمل على زيادة الكون المرصود .

ولما كانت الأرصاد الراديوية الفلكية لا تتأثر بضوء الشمس المتشت فى الغلاف الجوى الأرضى ، فإنه يمكن إجراء هذه الأرصاد أيضا أثناء النهار .

عرض تاريخى :ـ فى عام ١٩٣٢ إكتشف «جانسكى» التنكولوجى الراديوى من أمريكا الشمالية أن سكة التبانه ترسل موجات راديوية ، وذلك فى أثناء أبحاثه فى الإضطرابات الراديوية . إلا أن ذلك لم يلق أى عناية . وفى عام ١٩٤٢ اكتشف أن الشمس أيضا تبعث بأشعة راديوية . إلا أن التطور السريع فى الفلك الراديوى حدث فقط فى نهاية الأربعينات بعد التقدم الكبير فى تكنولوجية الراديو . فتم إكتشاف أول منبع راديوى عام ١٩٤٦ . أما الخط ٢١سم فقد سبق التنبؤ به نظريا فى عام ١٩٤٤ ثم تم رصده بالمنظار الفلكى لأول مرة عام ١٩٥١ . وفى عامى ١٩٦٣ ، ١٩٦٧ أمكن إكتشاف مجموعة جديدة من الأجسام الكونية هى المنابع الراديوية الشبيهة بالنجوم والبلسار على التوالى . كما تم فى عام ١٩٦٣ لأول مرة إكتشاف الجزيئات الغير نجمية . ومنذ عام ١٩٦٨ أمكن رصد العديد من جزيئات ما بين النجوم .

فلك رونتجن

Röntgenastronomie
Röntgen - astronomie *(sf)*
Röntgenastronomie *(sf)*

هو أحد المجالات الفلكية ، ويهتم بدارسة ما يصل من الكون من أشعة رونتجن . وأحيانا يتم التمييز بين كل من فلك رونتجن **وفلك جاما** ، وذلك بالتحديد عندما تكون بصدد دراسة أشعة رونتجن قصيرة الموجة جدا ، أى أشعة جاما .

ونظرا لأن الغلاف الجوى الأرضى غير منفذ للموجات الأقصر من حوالى ٣٠٠٠ أنجشتروم (← الطيف) . فإن فلك رونتجن يمكن إجراؤه فقط بواسطة أى من البالونات أو الصواريخ والأقمار الصناعية أو سفن الفضاء . كذلك فإن جزءا من أشعة رونتجن تُمتص فى فضاء ما بين النجوم . وتزداد شدة الإمتصاص كلما كبرت طول موجة الإشعاع . ومن هنا فإن دراسة المنابع الرونتيجينية الموجودة خارج المجموعة الشمسية ممكن فقط بواسطة موجات أقصر من حوالى ٣٠ إلى ٤٠ أنجشتروم . و ← الشمس فقط هى التى يمكن دراستها فى كل النطاق الرونتجينى .

أمكن التحقيق من تطابق بعض **المنابع الرونتجينية** مع منابع راديوية . ومثال ذلك كل من المنبع الراديوى كاثيوبيا A- وسديم السرطان ، اللذان يمثلان بقايا إنفجارات سوبر نوفا . أما منبع العقرب ١ × (١ × تدل على أول منبع رونتجن تم إكتشافه فى هذا البرج) فينطبق مع جسم بصرى لمعانه الظاهرى حوالى ١٣ قدرا . وتدل المقارنة على أن النسبة بين الإشعاع فى النطاق البصرى إلى الإشعاع فى نطاق أشعة رونتجن هى حوالى ١ : ١٠٠٠ ، أى أن إشعاع رونتجن أقوى بكثير من الإشعاع البصرى . ومما يثير الإنتباه أيضا بالنسبة لهذا الجسم أن كلا من لمعانيه الرونتجينى والبصرى يتغيران بطريقة غير منتظمة . وبالاضافة إلى منابع رونتجن أعضاء مجرة سكة التبانه أمكن أيضا رصد منابع غير مجريه ، على سبيل المثال المجرتين لراديوتين الدجاجة-A والعذراء-A

وفى حالة المجرة الراديوية قنطورس A- يكاد يبلغ الإشعاع فى نطاق رونتجن ضعف الإشعاع الراديوى . ويرجع السبب فى قلة عدد ما طوبق من منابع رونتجن بالأجسام البصرية من ناحية إلى صغير كفاءة التفريق فى أجهزة رونتجن المتاحة . ومن ناحية أخرى من الممكن أن تكون هذه المنابع موجودة فى الأذرح الحلزونية من مجرة سكة التبانه . وبجانب المنابع الرونتجينية المحددة فقد إكتشف أيضا إشعاع رونتجن متشتت (إشعاع الخلفية) . وحيث أن هذا الإشعاع يبدو متساويا من كل أنحاء السماء ، فإنه يُفترض أن يكون مصدره من خارج المجره .

ولا يزال السؤال عن الكنه الفيزيائى لأشعة رونتجن ، أى عمليات نشأتها ، غير واضح لكثير من منابع رونتجن . فعلى سبيل المثال ليس واضحا ما إذا كان منبع العقرب١ × عبارة عن نجم بالمعنى العادى أو منطقة سديمية . ولا يزال أيضا غير ممكن ، بواسطة توزيع شدة الطيف فى نطاق أشعة رونتجن ، الإستدلال على ما إذا كان الأشعاع من منابع رونتجن ينشأ على هيئة ← إشعاع سينكروترونى أو كإشعاع إبطائى ، ينتج عند فرملة الاليكترونات المتحركة بطاقة عالية فى المجالات الكهربية للأيونات . ويعتقد أن يكون إشعاع الخلفية المتشتت ناشئا بواسطة ظاهرة كومبوتون المعكوسة : حيث يحدث تفاعل مشترك بين الإليكترونات عالية الطاقة والكمات الضوئية منخفضة الطاقة فى فضاء ما بين المجرات ، يؤدى إلى إنتقال طاقة من الإليكترونات إلى الكمات تعمل على تقصير فى طول موجتها . بهذه الطريقة يمكن أن تكون نظرية كومبوتون العكسية عبارة عن تحويل من الاشعاع قليل الطاقة ، أى إشعاع الثلاث درجات طويل الموجة إلى أشعة رونتجن عالية الطاقة أى قصيرة الموجة .

الفلك الكروى

spherical astronomy
astronomie sphérique *(sf)*.
sphärische Astronomie *(sf)*

← القياسات الفلكية .

فلك المواقع

position astronomy
astronomie de position *(sf)*
Possitionastronomie *(sf)*

← علم الفلك .

الفلك النجمى

stellar astronomy
astronomie stellaire *(sf)*
Stellarastronomie *(sf)*

مضمون شامل لمجالات الفلك التى تهتم بالنجوم الثوابت) .

فلك النيوترينو

neutrino astronomy
neutrino astronomie *(sf)*
Neutrinoastronomie *(sf)*

هو أحد المجالات الفلكية ،.ويهتم بأرصاد ما ينبعث من الأجرام السماوية من نيوترينو . ويستدل على ذلك عن طريق دراسة ما يسببه النيوترينو من تحولات نووية أو ما ينبعث من إشعاعات ثانوية بعد تفاعله مع نوى الذرات . ولما كان التفاعل المشترك للنيوترينو مع المادة صغير للغاية ـ شعاع النيوترينو يمكنه أن ينفذ خلال ملايين النجوم بدون أن يضعفه ذلك فى شيء ! ـ لذلك فإن إحتمال رصده صغير جدا . وبالإضافة إلى ذلك فإن أرصاد ما ينبعث من جسيات خلال تفاعلات النيوترينو تزداد صعوبة بسبب الجسيمات الثانوية للأشعة الكونية . ومن أجل عزل الأخيرة تقام تجهيزات الأرصاد فى المناجم العميقة .

تنشأ النيوترينوز ، على سبيل المثال ، أثناء إنتاج الطاقة فى النجوم . ومن ذلك أنه يتحرر إثنين من النيوترينوز أثناء بناء نواة واحدة لذرة هليوم من أربع بروتونات . على أن لكل عملية من عمليات التحول النووى توزيعا مميزا فى طاقة النيوترينو . فإذا ما أمكن تحديد هذا التوزيع عن طريق الرصد ، لحصلنا بذلك على مفاتيح ما يحدث فى الأعماق السحيقة للنجوم من عمليات نووية وبالتالى عن درجات الحرارة السائدة هناك . وبالإمكانيات الحالية للأرصاد فإن فرصة النجاح متاحة فقط لدراسة النيوترينوز المنبعثة من أعماق الشمس .

فلكى

astronomic
astronomique
astronomische, astro

منسوب إلى الفلك .

فم الحوت

Fomalhaut *(A)*

هو النجم α (ألفا) فى كوكبة الحوت الجنوبى ولمعانه الظاهرى البصرى ١ر٢ ق ونوعه الطيفى A3 ونوع قوته الاشعاعية V ويبعد عنا بحوالى ٧ بارسك أى ٢٣ سنة ضوئية .

الفهرس النجومى

star catalag
catalogue des étoiles *(sm)*
Sternkatalog *(sm)*,**Sternverzeichnes** *(sn)*

← المصنف النجومى .

فوبى

Pnoebe

أحد ← توابع زحل .

فوبوس

Phobos

أحد ← تابعى المريخ .

الفوتوسفير

photosphere
photosphére *(sf)*
Photosphäre *(sf)*

هو طبقة فى الغلاف الشمسى ينبعث منها الجزء الأكبر من ضوء الشمس فى الفضاء . أى أن الفوتوسفير هو بالتحديد الجزء الذى نراه من ← الشمس . وفى المعنى المجازى تعرف الطبقة المناظرة فى النجوم الأخرى أيضا بالفوتوسفير .

فوتوغرافى

photographic
photogrsphique
photographisch

← الفوتوغرافيا .

الفواتوغرافيا

photography
photographie *(sf)*
Photographie *(sf)*

أدخلت الفوتوغرافيا فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، أى بعد إختراعها بوقت قصير ، كأسلوب من أساليب الأرصاد الفلكية . وقد أتى ذلك بتقدم كبير فى غالبية مجالات الفلك . وتتمثل فوائد هذه **الفوتوغرافيا الفلكية** أولا فى أن اللوح الفوتوغرافى يمكن أن يجمع التأثير الضوئى . وبذلك يمكننا دراسة الأجسام الخافتة عن طريق إطالة زمن التعريض ، وعليه فهى أفضل من الطريقة البصرية . علاوة على ذلك فإنه من الممكن تصوير نجوم كثيرة على نفس اللقطة ، ثم يتم تحليلها بعد ذلك فى المعمل . وكل صورة من هذه تمثل وثيقة يُرجع إليها فى أى وقت للمقارنة .

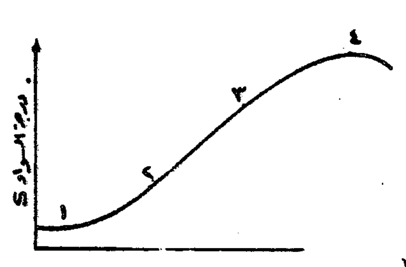
فى هذه الحالة تستعمل فى مكان الكاميرا ← المناظير ذات التجهيزات البصرية العاكسة أو الكاسرة . ومقاييس هذه المناظير ، مثل الفتحة والبعد البؤرى ومجال الرؤية ، تختلف حسب إختلاف المهمة . كذلك فإنه من الممكن أخذ صورة جيدة بكاميرا عادية ذات بعد بؤرى صغير متى توفرت التركيبة ومواد التصوير المناسبة . ونتيجة لما يغلب من ضعف فى شدة الضوء ، يلزم للفوتوغرافيا الفلكية زمن تعريض طويل ؛ يصل من بضع دقائق حتى ساعات عدة . إلا أن فوتوغرافيا الشمس والقمر اللتان يمكن أخذهما كصور لحظية . وهذا ضرورى أيضا وإلا فإن دقائق الصورة تنطمس نتيجة لعدم إستقرار الهواء (← التألق) . لهذا فإن صور الكواكب التى تم تعريضها لوقت طويل ، تُظهر دقائق أقل مما نراه بالرصد البصرى . وفى أثناء التعريض لابد أن تتبع الكاميرا النجوم فى حركتها اليومية وإلا تحولت الصورة على اللوح الفوتوغرافى فنرى على اللوح الفوتوغرافى بعد التحميض مسارات طويلة أو قصيرة (بدلا من صورة نقطية الشكل تقريبا) . ويتم ضبط التتبع الاوتوماتيكى بواسطة منظار مرشد يوضع تقاطع خطية دائما فوق نجم ما .

وفى العادة يستعمل فى التصوير الفلكى صور اللونين الأبيض والأسود . إلا أنه أمكن حديثا أخذ صور ملونة للسدم المجرية وغير المجرية بواسطة المناظير الكبيرة . وهذه الصور الملونة تعطى إنطباعا جيدا عن ظروف الاضاءة فى السدم الغازية . فمن الناحية البصرية لا يمكن تمييز أى تلوين لهذا اللمعان السطحى (الخافت) وذلك لأن أعضاء تمييز اللون فى العين لا تنفعل بمثل هذا الضوء الخافت .

العملية الفوتوغرافية : إن مُستقبل الإشعاع الحقيقى هى الطبقة الحساسة ، (الفِلْم) أى ما يتم صبه على اللوح الزجاجى من طبقة جيلاتينية ذات بلورات حساسة للضوء من بروميد الفضة يبلغ سمكها بضع كسور من الألف من المليمتر . فإذا سقط على هذه الأجسام ضوء فإنه ينطلق من البروميون السالب إليكترون يتحد مع أيون الفضة مكونا ذرة فضة متعادلة . وبذلك تنشأ الصورة الباقية على اللوح الفوتوغرافى ، ثم يجرى تقويتها خلال عملية التحميض . وفى أثناء ذلك يصل سائل التحميض إلى البذور الفضية التى تكونت بالإشعاع فيحولها إلى فضة معدنية سوداء . بعد هذا يتم إذابة الحبيبات التى لم يصل إليها الاشعاع وذلك بوساطة محلول التثبيت . وحيث أنه توجد دائما بعض الحبيبات القابلة للتحميض بدون أن يتم تعريضها للأشعة ، فإنه ينشأ على كل اللوح الفوتوغرافى سواد إضافى خافت ، هو الضباب الكيماوى . وطبقة بروميد الفضة حساسة على وجه الخصوص بالنسبة للضوء قصير الموجة . وتنتهى حساسية الطبقة الحساسة عند طول موجة قدرها ٥٥٠٠ أنجستروم ، وهو الطول الموجى التى تبلغ عنده حساسية العين ذروتها . إلا أنه يمكن مد نطاق حساسية بروميد الفضة إلى موجات الإشعاع الطويلة ، عن طريق مزودات الحساسية . وفى هذه

الحالة تضاف مواد ملونة إلى الطبقة الحساسة ، تعمل كناقلات للطاقة إلى الحبيبات .

السواد :ــ تسود حبيبات الفضة بعد معاملتها فوق اللوح الفوتوغرافى ومن السواد الناتج يمكن إستنتاج لمعان النجم صاحب الصورة ، الشىء الذى يتطلب قياس السواد أولا . ويحدث هذا بمعونة ميكرومتر . فيسقط ضوء لمبة الفوتومتر ذى الشدة i_0 على اللوح الفوتوغرافى الذى تم معاملته ثم نقيس بواسطة خلية ضوئية شدة الضوء i التى يكون عليها الضوء بعد مروره خلال اللوح الفوتوغراف . ويرمز لهذا السواد بالكمية S ؛ $S=\log\frac{i_0}{i}$.وعلى ذلك تكون قيمة السواد الوحدة ، عندما يمر عُشر الضوء خلال اللوح الفوتوغرافى . ويبين المنحنى الضوئى (الشكل) العلاقة بين الطاقة الساقطه على اللوح الفوتوغرافى والسواد الناتج S . ويتم التعبير عن الطاقة الساقطة عن طريق حاصل ضرب شدة ضوء النجم I وزمن التعريض t . يرتفع المنحنى بعد إجتيازه قيمة صغرى ، العتبة ، من السواد العام (الضباب الكيماوى) ، فيحدث أولا إرتفاع خفيف فى المنحنى فى نطاق التعريض القصير ؛ ثم يتلو ذلك الجزء المستقيم ذو أكبر ميل ، ثم يأتى بعده مسار ضحل فى نطاق التعريض الطويل . فى النطاق الذى يلى ذلك ، التكذيب ، يأخذ السواد فى النقصان مع



منحنى السواد. I شدة إضاءة شعاع النجم ، t زمن التعريض . ويمثل المنحنى حتى ١ الأرضية ، ١ ــ ٢ المنطقه المعرضه أقل من اللازم ، ٢ ــ ٣ الجزء المستقيم ، ٣ ــ ٤ المنطقه المعرضه أزيد من اللازم وبعد ٤ منطقة التكذيب .

زيادة التعريض . ومن الممكن تمييز حساسية اللوح الفوتوغرافى خلال قيمة العتبة التى تُعبر عن التباين (الكُنتراست) عن طريق ميل الجزء المستقيم من منحنى الميل . ويعتمد شكل منحنى الميل على نوع اللوح الفوتوغرافى وعلى طول الموجات الضوئية وعلى ظروف المعامله الكيماوية . لذلك لابد من رسم المنحنى عمليا .

فى الحقيقة فإن المنحنى الضوئى لا يعتمد بوضوح على حاصل الضرب $I \times t$ ، وإنما بدقة أكثر على $I \times t^P$ ؛ على أن يأخذ أُس شوارتزشيلد P قيمة حوالى ٨ر٠ بالنسبة لأزمنة التعريض الطويلة . ومعنى ذلك أنه إذا صورنا نجمين تباعا وكان لمعانهما مختلفا بمقدار قدر واحد (شدة ضوئهما تختلف بمقدار ٥ر٢ مرة) ، فإننا نحصل على نفس السواد من كل منهما لو أننا زدنا زمن التعريض إلى ٣ر٢ مرة بدلا من ٥ر٢ مرة كما يقتضى الفرق فى شدة الضوء . (حاصل الضرب $I \times t^P$ لابد أن يكون للنجمين متساو : $t^P \times I_1 = t^P \times I_2$، ومنه ينتج أن $\frac{I_1}{I_0} = (\frac{t_2}{t_1})^P$ ؛ أى ٥ر٢ ≈ ٣ر٢ ^٨ر٠) . وعلى الرغم من أننا نفترض أن النجوم الثوابت عبارة عن منابع ضوئية نقطية نتيجة لبعدها الشديد ، فإنها تظهر على اللوح الفوتوغرافى كأقراص صغيرة . يحدث ذلك كما يلى : خلال الكاميرا لا تتكون نقطة ضوئية دائما وإنما ينتج قرص حيود صغير . ويتأرجح هذا القرص نتيجة عدم ثبات الهواء (← التألق) هنا وهناك دائما حول وضعه المتوسط ، فيغطى بذلك منطقة أكبر . وبالإضافة إلى هذا فإن الضوء الساقط يتشتت فى الطبقة الجيلاتينية بحيث تضاء الحبيباتُ المجاورة أيضا . بذلك ينشأ قرص سواد ذو قطر أكبر فى حالة النجوم اللامعة عنه فى حالة النجوم الخافتة . وأحيانا يُرى حول هذا القرص إكليل من الأشعة ، فى حالة تصوير النجوم اللامعة . ويحدث ذلك نتيجة لحيود ضوء النجم على حاملات اللوح الفوتوغرافى ، الموجودة فى طريق الأشعة . أى أن كلا من هذا

الإكليل وقرص السواد ليس لها آية علاقة بالنجم المصور . وإذا ما فحصنا قرص السواد تحت الميكروسكوب ، فإننا نجد أن كثافة حبيبات الفضة تقل من المركز إلى الحافة . وفى النجوم الخافتة لا يكاد قرص السواد يرتفع عما يجاوره من ضباب اللوح الفوتوغرافى . وتحدد درجة تحبب اللوح الفوتوغرافى كفاءة تحليله للضوء وكذلك تقلل من الدقة الفوتومترية . ومما يؤسف له أن حجم الحبيبات يزداد مع درجة الحساسية .

الفوتومتر

photometer
photométre *(sm)*
Photometer *(sn)*

هو جهاز يستخدم فى القياسات الضوئية (← فوتومترى) . وحسب مُستقبِل الأشعة المستخدم فإننا نميز بين أنواع مختلفة . (١) **الفوتومترات البصرية** ، وتعمل فيها شبكية العين كمستقبل . وفى هذا الشأن فإننا نكون «نجما صناعيا» بواسطة منبع ضوئى ، يمكن تقليل لمعانه بواسطة إدخال مرشحات سمراء حتى يبدو لمعانه للعين مساويا لمعان النجم المراد تعيين لمعانه . وهناك صعوبة فى المقارنة تنشأ من إختفاء ← التألق بالنسبة للنجم الصناعى . (٢) **الفوتومتر الكهروضوئى (الفوتوكهربى)** والمستقبل فيه عبارة عن خلايا حساسه للضوء ، بها قطبين إحدهما مغطى بمادة حساسة للضوء ويعمل عمل الكاثود السالب . وإذا سقط الضوء على هذه المادة الحساسة ، إنطلقت منها إليكترونات تنتقل إلى الأنود الموجب وينشأ بذلك تيار كهربائى ، تتناسب قوته مع شدة الضوء الساقط على الكاثود . أى أننا بقياس شدة التيار مباشرة أو بعد تقوية معروفة نحصل على مقياس لشدة الضوء . وفى مكثرات الإليكترونات الحديثة (فوتو ملتبلايرز) تتم التقوية الأولى فى داخل الخلية ذاتها . ويحدث ذلك بأن تمرر الإليكترونات المنبعثة بوساطة الضوء خلال مجال يعمل على إسراعها ثم تصطدم بعد ذلك مع أنود فتنطلق منه أعداد كبيرة من الإليكترونات ، وهذه بدورها تقابل بعد إسراعها أيضا طبقة أخرى . وهكذا نحصل فى نهاية الخلية على عدد من الإليكترونات يبلغ مليون مرة مثل ما ينبعث بسقوط ضوء النجم . ويتم تركيب الفوتومترات الكهروضوئية مباشرة على المنظار . ويركب فى بؤرة المنظار حاجز يسقط منه فقط على الكاثود ضوء النجم المراد قياس لمعانه .

(٣) **فى حالة الفوتومترات الحرارية الكهربية** يسقط الشعاع على سطح ملحوم ، حيث يتم إمتصاصه هناك فيحدث تدفئة ، يمكن قياسا كهربيا . ففى العنصر الحرارى ، يوجد على سبيل المثال ، سلكان من معدنين مختلفين ملحومين مع بعضهما فى دائرة كهربية ، على أن يحُتفظ بإحدى نقطتى اللحام عند درجة حرارة ثابتة ثم تعمل الأخرى كسطح إستقبال يجرى به تيار كهربائى فى أثناء تدفئته بواسطة الأشعة الساقطة ، ويتم قياس شدة هذا التيار فيكون مقياسا لشدة الضوء . أما فى البولومتر فإن المستقبل على العكس من ذلك موصل كهربائى يمكن قياس التغير فى مقاومته نتيجة للتسخين . وهذا النوع من الفوتومترات يتم تركيبه مباشرة على المنظار مثل الفوتومترات الكهروضوئية .

(٤) **والميكروفوتومتر** يستعمل فى التحليل الفوتومترى للألواح الفوتوغرافية ، ويتم بواسطته قياس السواد فى منطقة ما على اللوح الفوتوغرافى . ولهذا الغرض الضوء يسقط من لمبة الفوتومتر خلال هذه المنطقة نعين كمية ما تم إمتصاصه فى المنطقة المسودة من اللوح الفوتوغرافى . وتقاس شدة الضوء المار بواسطة الخلايا الكهروضوئيه كما فى حالة الفوتومتر الكهروضوئى . وفى حالة الفوتومتر الحدَقى ، يتم تضيق فتحه حدقيه حول صورة النجم المراد قياس لمعانه إلى الحد الذى يسمح بمرور حزمه ضوئيه بشدة محسوبه مسبقا خلال الفتحه الحدقيه . وتتخذ قيمة الحدقه كمقياس للمعان النجم . إلا أنه لابد ، كما هو

الحال بالنسبه لمنحنى السواد الفوتوغرافى ، (← فوتوغرافيا)، من العايره بالنجوم المعروفة اللمعان .

فوتومتر أيرس

Iris photometer
photométre a Iris *(sm)*
Irisphotometer *(sn)*

هو ← فوتومتر لتعيين اللمعان من الألواح الفوتوغرافيه

الفوتومتر البصرى

visual photometer
Photométre visuel *(sm)*
visuelles Photometer *(sn)*

← الفوتومتر .

الفوتومتر الحرارى

bolometric photometer
photométre bolométrique *(sm)*
bolometrisches Photometer *(sn)*

← الفوتومتر .

الفوتومتر الكهروضوئى

photoelectric photometer
photornétre photoéléctrique *(s)*
photoelektrisches Photometer *(sn)*

← الفوتومتر .

الفوتومترى

photometry
photométrie *(sf)*
Photometrie *(sf)*

هو عباره عن القياسات الضوئيه ، وما يستعمل فى ذلك من أجهزه يسمى ← فوتومترات . يهتم **الفوتومترى الفلكى (القياسات الفلكيه الفوتومتريه أو فوتومترى الأجرام السماويه)** بالحصول على البيانات الكميه عن لمعان النجوم . وفى هذا الشأن يُعطى لمعان النجوم بالأقدار (← اللمعان) . ولما كانت القياسات الدقيقه للمعان تمثل أساس معظم الدراسات الفيزيائيه الفلكيه ، فإن تعيينها يتم بمنتهى الحرص والتحفظ الكبيرين . وفى نتائج القياسات لابد لنا دائما من أن نأخذ ← الإستبعاد فى الإعتبار ، أى الإضعاف الحادث فى الضوء أثناء مروره فى الغلاف الجوى الأرضى . ويتم فى كل الفوتومترى الفلكى أخذ أرصاد نسبيه ، أى أننا نقارن النجوم غير المعروف لمعانها مع النجوم المعروفه . وقد أتفق على أتخاذ ← التتابع القطبى كنظام عيارى يقارن به النجوم غير معروفه اللمعان . والتتابع القطبى عباره عن سلسله من القياسات الدقيقه من لمعان النجوم الثوابت بالقرب من قطب السماء . وقد أدت إعادة الإختبارات إلى إختلافات فى هذا النظام العيارى أدت إلى نظم أخرى عالية الدقه للمقارنه .

وتبعا لنوع المستقبل المستخدم يتم التمييز بين الفوتومترى البصرى والفوتوغرافى والكهروضوئى . (١) فنى **الفوتومترى البصرى** تعمل العين الآدميه مستقبلا للإشعاع . وأبسط طريقة لإجراء ذلك هى التقدير المرحلى . وفى خلال ذلك يقارن لمعان النجم تحت الفحص باللمعانات المعروفه للنجوم وذلك على مقياس يعتمد على الذاكره . ويتم الحصول على نتائج أدق من ذلك بواسطة فوتومتر بصرى ، يتم فيه إضعاف ضوء مصدر ضوئى بدرجة يمكن قياسها ، وذلك حتى يظهر بالنسبه للعين مساويا فى لمعانه للنجم معروف اللمعان . (٢) وفى **الفوتومترى الفوتوغرافى** يعمل اللوح الفوتوغرافى مستقبلا للإشعاع . ويتم قياس ما ينتج على اللوح الفوتوغرافى من سواد نتيجة سقوط الشعاع عليه بواسطة ميكروفوتومتر . بعد ذلك يلزمنا تحويل السواد إلى لمعان النجوم بمعونة العلاقة بين هذا السواد وطاقة الإشعاع ، أى منحنى السواد (← فوتوغرافيا) . ولما كان منحنى السواد يعتمد على نوع اللوح الفوتوغرافى من ناحية ، ومن ناحية أخرى على ظروف التصوير والمعالجه الكماويه ، لذلك لابد من رسم منحنى السواد هذا عمليا لكل نقطه . ولهذا الغرض يتم فى نفس الوقت على اللوح الفوتوغرافى تصوير النجوم العياريه ، معروفه اللمعان ، الموجوده بالقرب من الحقل المراد تصويره . وإن لم يكن ذلك متيسر فإنه يمكننا تعيين منحنى السواد بواسطة الإنتقال

القطبى ؛ وذلك بتصوير التتابع القطبى على نفس اللوح الحساس بعد تصوير النجوم المراد تحديد لمعانها .

(٣) وفى **الفوتومترى الكهروضوئى** يتم إستخدام خلايا حساسه كمستقبلات للضوء ، ينتج فيها تيار كهربائى عند سقوط الضوء عليها . وتقاس شدة التيار الكهربائى التى تتناسب مع شدة الضوء .

(٤) أما فى الفوتومترى الحرارى الكهربى : فيتم فيه إستغلال التسخين الذى يحدثه الضوء المراد قياس شدته فى المستقبل ، حيث ينشأ فى العنصر الحرارى تيار كهربائى بسبب الدفئ . أما فى البولومتر فيقاس التغيير الحادث فى المقاومه بسبب الحراره .

إن مستقبلات الإشعاع حساسه فقط بالنسبه للإشعاع فى نطاق موجى محدود من الطيف ، كما أن نطاق الحساسيه هذا يختلف من مستقبل إلى آخر . لهذا فإننا ندرس ، بواسطة كل من الطرق المختلفه فى الفوتومترى ، فقط إشعاع منطقة محدده ومختلفه حسب الطريقه المتبعه . ويمكن تغيير هذه المناطق عن طريق إدخال مرشحات ضوئيه ملونه . ويمكننا القياس فى جميع مناطق الطيف على وجه التقريب بطريقة الفوتومترى الحرارى الكهربى ، وإن كانت هذه الطريقة قليلة الحساسيه . أما أقصى دقة ، بالتحديد بضع أجزاء من الألف من القدر ، فيمكن الحصول عليها بطريقة الفوتومترى الكهروضوئى ، التى تناسب القياس فى الأجسام المنفرده . وتتحدد دقة قياسات الفوتومترى الكهروضوئى بالتأرجح الإستاتيكى للتيار المقاس ، والذى يرجع جزء كبير منه إلى التارجح فى اللمعان بواسطة التألق ، وجزء آخر منه ينشأ داخل الفوتومتر نفسه . وتتمثل ميزة الطريقه الفوتوغرافيه فى أنه يمكننا على لوح فوتوغرافى واحد تصوير حقل كامل من النجوم فى نفس الوقت ، كما أنه يمكن الإحتفاظ باللوح الفوتوغرافى كوثيقه دائمه .

إن إستخلاص توزيع شدة الضوء فى الطيف هو مهمة **الفوتومترى الطيفى** ؛ حيث يتم تحليل شعاع النجم إلى طيف خلال مطياف ثم يقاس اللمعان عند موجات مختلفه . وغالبا ما يتم تصوير الطيف ثم يقاس السواد على اللوح الفوتوغرافى بواسطة ميكوفوتومتر . ويلزم لذلك عمل عديد من منحنيات السواد ، إذ أن هذه أيضا تعتمد على طول الموجه . وفى الوقت الحديث يقاس اللمعان فى الطيف تبعا للطريقه الكهروضوئيه . إن جميع القياسات الطيفيه مجهده ، ويمكن إجراؤها فقط بالنسبه للنجوم اللامعه ، نظرا لدخول جزء بسيط فقط من ضوء النجم بعد تفريقه فى المطياف . وكبديل لذلك تم إدخال **الفوتومترى عديد الألوان** ، وفيه يقاس لمعان النجم فى مناطق طيفيه ، عريضه نسبيا وقريبه من بعضها . ويتم تحديد المناطق الطيفيه هذه بواسطة تركيبة مُستقبل الإشعاع مع المرشحات الملونه . ويمكن إجراء القياسات فوتوغرافيا أو فوتو ضوئيا . كما يتم تمييز مكان المنطقه الطيفيه بدلاله ← الأطوال الموجيه الأيزوفوتيه ، الذى يعد أكثرها شيوعا نظام UBV . وهذا النظام عباره عن فوتومترى فى ثلاثة ألوان ، يقاس فيه اللمعان فى نطاقات فوق البنفسجى والأزرق والمرئى من الطيف . وغالبا ما توجد أنظمه ذات أكثر من ثلاثه ألوان موزعه على كل الطيف من فوق البنفسجى حتى تحت الأحمر . ويخضع تحديد مناطق الطيف إلى إمكانية معرفة النوع الطيفى وقوة الإشعاع للنجم من بين أبعاد أخرى بواسطة عدد بسيط من القياسات .

الفوتومترى البصرى

visual photometry
photométrie visuelle *(sf)*
visuelle Photometrie *(sf)*

← الفوتومترى .

فوتومترى الستة ألوان

six colour photometry
photométrie des six colocres *(sf)*
Sechsfarbenphotometrie *(sf)*

هو فوتومترى عديد الألوان ، يقاس فيه لمعان النجوم فى ستة مناطق طيفيه ؛ ← الفوتومترى أو القياسات الطيفيه .